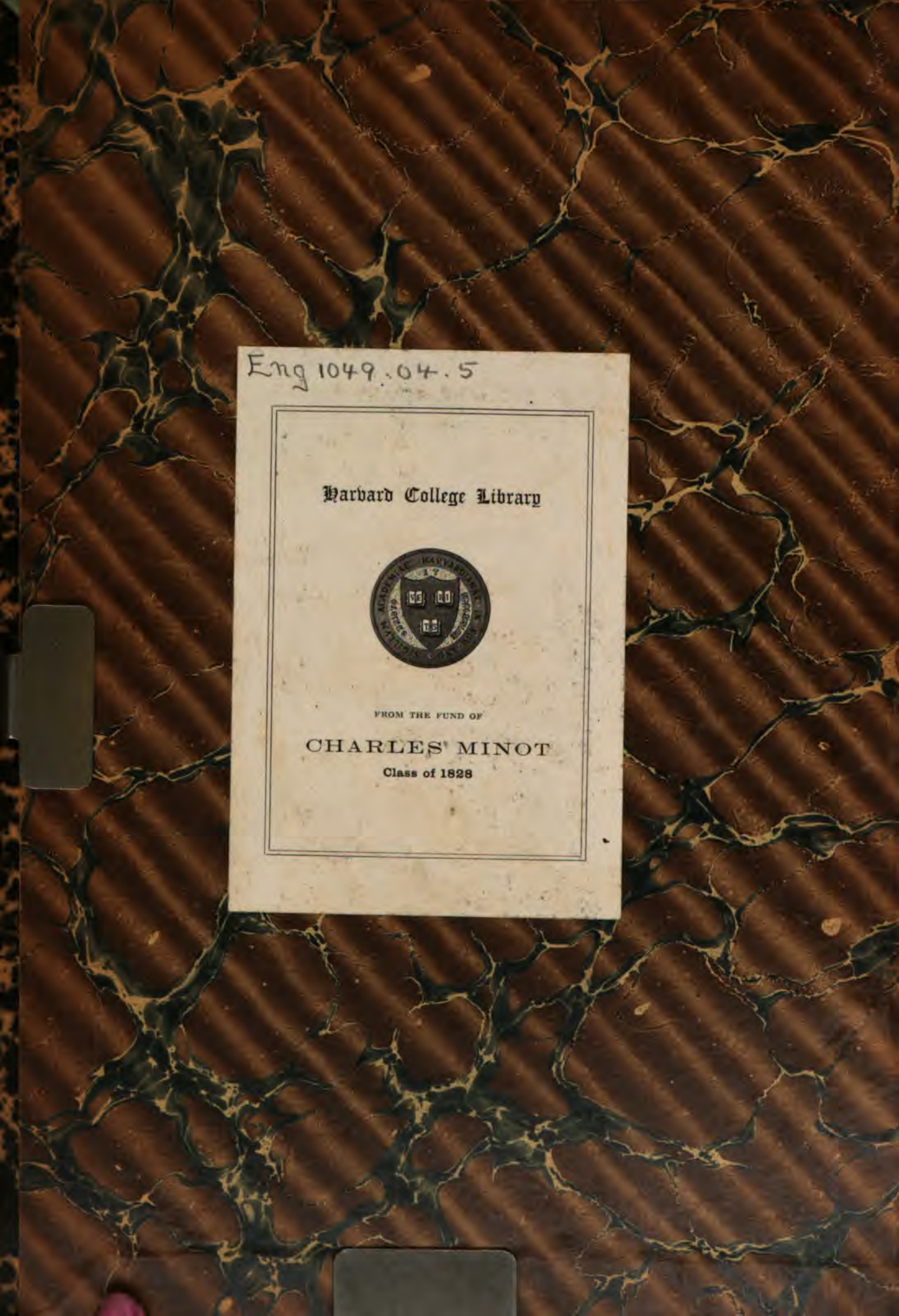






LES IRRIGATIONS EN ÉGYPTE

PAR

JULIEN BAROIS

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées,
Directeur français des Chemins de fer Égyptiens de l'État.

PARIS
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE Ch. BÉRANGER, ÉDITEUR
SUCCESSEUR DE BAUDRY ET Cie
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MAISON A LIÉGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

1904

LES

IRRIGATIONS

EN ÉGYPTE

fécondé par le Nil. Il n'y sera guère question que des faits qui se sont produits depuis une centaine d'années et plus spécialement dans la seconde moitié du XIX[e] siècle. D'ailleurs, dans l'état actuel de la science, vouloir remonter plus haut serait une entreprise pleine de difficultés et d'incertitudes, car les générations disparues nous ont laissé bien peu de choses comme vestiges d'anciens travaux hydrauliques, comme traditions ou comme vieux usages, pour nous aider dans de pareilles recherches.

Nous ne possédons jusqu'à ce jour, sur la manière dont les anciens égyptiens pratiquaient l'art des irrigations que les renseignements généraux et assez vagues qui nous ont été transmis par les auteurs grecs et romains. Le sol et les monuments ne nous ont rien révélé à ce sujet ou du moins presque rien.

Du lac Mœris, ce vaste réservoir dont la construction étonna le monde, c'est à peine si l'on retrouve l'emplacement, et on n'en peut préciser le rôle. Deux ou trois restes de nilomètres dans des ruines de temples, quelques hauteurs de crues marquées sur le quai antique de Karnak, sont les seules traces du soin qu'on a pris dans tous les temps de noter le mouvement des eaux du Nil. Quant aux digues maçonnées, murs de réservoirs, ponts, prises d'eau, à tous ces ouvrages qui auraient pu donner quelques indications sur les limites et le niveau des bassins d'inondation, sur leur mode d'alimentation et de vidange, et sur tout ce qui se rattache aux irrigations, ils ont totalement disparu. Fondés sur une couche d'alluvions légères, ils n'ont sans doute pas résisté longtemps à l'effort des courants et aux déplacements du Nil pendant les siècles de misère et d'incurie qui ont passé si souvent sur l'Égypte; leurs débris ont été submergés sous les eaux ou engloutis dans le limon, et la place n'en est même plus indiquée par un remous du fleuve ou par une ondulation du sol.

On constate, en outre, un fait assez inexplicable. Les parois des tombeaux, qui nous ont conservé la représentation exacte et détaillée des procédés employés par les anciens Égyptiens dans les arts, dans l'agriculture, dans les métiers de toute sorte, ne nous les montrent nulle part travaillant à leurs digues, ouvrant ou fermant leurs barrages, curant leurs canaux. C'est à peine si, dans toute l'Égypte, on voit sur deux ou trois bas-reliefs des fellahs occupés à élever de l'eau pour l'arrosage, comme ils le font encore aujourd'hui, au moyen d'un panier en cuir suspendu à l'extrémité d'un levier. Les hiéroghyphes nous ont toutefois appris que, parmi les fonctionnaires les plus importants du pays, on comptait de tout temps ceux qui étaient chargés de surveiller les canaux et de distribuer les eaux.

De l'époque arabe, nous n'avons guère, par les historiens, que quelques renseignements relatifs aux crues du Nil, aux années de sécheresse et d'abondance.

Les premiers documents précis que nous possédions sur l'utilisation agricole des eaux du Nil nous ont été donnés par les ingénieurs de l'expédition de Bonaparte. A ce moment-là, l'Égypte tout entière était encore soumise à l'antique régime des bassins d'inondation; comme règle générale, les terres étaient submergées ou arrosées pendant la crue du Nil et elles ne recevaient plus d'eau pendant le reste de l'année, à moins qu'elles ne fussent exceptionnellement bien situées sur les bords du fleuve et de ses embranchements. Mais, peu de temps après le passage des savants français, commença une ère de profonde transformation économique et agricole par suite de la substitution progressive, sur une large surface du territoire, des procédés de l'irrigation permanente au système de l'inondation annuelle.

On peut diviser en trois périodes l'exécution de cette opération qui a amené l'Égypte à un degré de prospérité inconnu jusque-là.

La première de ces périodes, sous le règne de Mehemet Ali, est marquée par la création d'un important réseau de canaux d'irrigation dans la Basse Égypte, par la construction d'un barrage sur le Nil à la pointe du Delta, par l'exécution de nombreux travaux dans les bassins d'inondation de la Haute Égypte. C'est l'époque d'un effort colossal qui a été accompli principalement avec l'aide de deux ingénieurs français, Mougel et Linant de Bellefonds, et qui a eu pour conséquence immédiate une rapide extension de la culture du coton.

La seconde période, dont le point culminant est le règne du khédive Ismaïl, donne à la Moyenne Égypte une grande artère d'irrigation, le canal Ibrahimieh; elle correspond à un accroissement considérable de la culture de la canne à sucre et à l'établissement d'une puissante industrie sucrière en Égypte. C'est encore du côté de la France que le khédive Ismaïl recrute la plupart de ses conseillers techniques. Mais alors, comme sous Mehemet Ali, l'influence des ingénieurs européens sur les services d'irrigation se fait sentir plutôt par des avis que par une direction effective; aussi l'inertie ou le mauvais vouloir des fonctionnaires indigènes empêche souvent les meilleures solutions d'aboutir et l'on constate de la confusion et des hésitations fréquentes dans la marche en avant.

La troisième période commence en 1884, lorsque, l'Angleterre ayant pris en main les affaires d'Égypte après la révolte d'Arabi, les ingénieurs anglais se mettent à la tête de l'administration chargée des irrigations, non plus comme des conseillers pas toujours écoutés, mais en maîtres obéis. Alors le barrage du Delta, l'œuvre de Mougel, est achevé et consolidé et la retenue qu'il crée envoie sur la Basse Égypte par trois grands canaux toute l'eau qui est disponible dans le lit du fleuve, les bassins d'inondation de la Haute Égypte sont mis à l'abri des effets des basses crues, l'eau du Nil est emmagasinée à Assouan pendant les mois d'abondance pour augmenter le

débit d'étiage, le régime des canaux est amélioré, les travaux de drainage poussés avec activité, la distribution des eaux réglementée, la corvée supprimée et l'entretien de tout le système pratiquement assuré.

Ces derniers résultats ont été obtenus sous la haute direction des sous-secrétaires d'État anglais qui se sont succédé au Ministère des Travaux Publics, sir Colin Scott Moncrieff, le colonel Ross et sir William Garstin, avec l'appui des ministres Abderrahman Pacha, Zeki Pacha, Fahkry Pacha, sans oublier Nubar Pacha, qui, président du conseil des ministres pendant plusieurs années, a eu une action décisive sur les progrès de l'irrigation Les dépenses nécessaires ont été rendues possibles par l'amélioration continue de la situation financière de l'Égypte et par le concours que les puissances ont prêté au gouvernement en autorisant la Caisse de la Dette publique à fournir une forte partie des fonds qui ont été consacrés aux travaux les plus importants. Toutes les mesures qui ont pour but le développement de la richesse dans la vallée du Nil sont du reste toujours chaudement encouragées par le khédive Abbas Hilmi qui, grand agriculteur lui-même, connaît parfaitement les besoins et les ressources du pays.

Cette troisième période de l'histoire des irrigations est remarquable par l'extension constante des cultures de coton et de canne à sucre qui font la fortune de l'Égypte et par une énorme augmentation de la valeur du sol.

Un certain nombre d'ouvrages sur les irrigations d'Égypte a paru depuis 1887, époque de la publication de ma première étude sur ce sujet. Je citerai notamment :

Egyptian irrigation, par M. W. Willcocks, dont la première édition fut publiée en 1889 et la seconde en 1899.

Le Nil, le Soudan, l'Égypte, par A. Chélu bey, 1891.

The Fayum and Lake Mœris, par le major R. H. Brown, 1892.

History of the Barrage, du même auteur, 1896.

Ces ouvrages m'ont été très utiles pour la rédaction de ce livre ; mais j'ai surtout trouvé une source abondante et précieuse de renseignements dans les rapports très substantiels et très détaillés publiés chaque année par le Ministère des Travaux Publics, et aussi dans deux rapports officiels, très documentés, l'un du colonel Ross, sur la préservation des bassins de la Haute Égypte contre l'effet des basses crues (1889), et l'autre, de M. W. Willcocks, sur l'irrigation pérenne (1894).

27° 28°

MER MÉD

Rosette
Lac Bourlos
Alexandrie
Edkou
Dessouk
Damanhour
BEHERA
Lac
31°
31°
Kafr Zayat

LES

IRRIGATIONS EN ÉGYPTE

CHAPITRE PREMIER

COUP D'ŒIL GÉNÉRAL SUR L'ÉGYPTE

Description générale. — Climat. — Divisions administratives. — Superficie cultivée, population. — Voies de communication. — Produits agricoles. — Monnaies, poids et mesures.

DESCRIPTION GÉNÉRALE

L'Égypte proprement dite s'étend depuis les rivages de la mer Méditerranée jusqu'au 22e degré de latitude nord, soit à quelques kilomètres au nord de la cataracte de Ouady Halfa, seconde cataracte du Nil. De ce point jusque vers la hauteur du Caire, elle développe une étroite bande cultivée le long des rives du Nil ; près de cette ville commence le Delta qui s'épanouit en éventail vers le nord et dont le point le plus septentrional est à la latitude de 31°36′. A la pointe du Delta, le Nil se divise en deux branches, celle de Damiette qui s'éloigne vers l'est et celle de Rosette qui s'incline du côté de l'ouest (pl. I).

De la frontière sud jusqu'au Delta la longueur de la vallée du Nil est à peu près de 1 200 kilomètres. Le Delta forme un grand triangle ayant une base d'environ 240 kilomètres de l'est à l'ouest, sur les bords de la mer, et une hauteur de 150 kilomètres du nord au sud.

Entièrement recouverte par le limon que le fleuve a déposé depuis les temps les plus reculés dans la dépression qui sépare le plateau lybique du plateau arabique, l'Égypte forme ainsi une longue oasis entourée à l'est comme à l'ouest par de vastes déserts qui avancent leurs ondulations stériles jusqu'aux limites où la nature et l'industrie des hommes amènent les eaux fertilisantes du Nil.

Très resserrée jusque vers Gebel Silsileh, point situé à 24°36′ de latitude nord, la partie cultivable de la vallée ne comprend dans cette région que quelques petits lambeaux de plaines découpées entre les promon-

toirs rocheux qui bordent le fleuve. Tout près du 24° degré de latitude se dressent les pittoresques ruines de Philœ, au milieu des îles granitiques qui dominent la cataracte d'Assouan. Là aussi, à peu de distance du débouché de ces rapides, en face de l'île célèbre d'Éléphantine, s'élève la petite ville d'Assouan ; c'est la première ville qu'on rencontre en venant du sud ; grâce à la beauté de son site et à son merveilleux climat, elle est devenue un lieu très fréquenté pendant l'hiver par les touristes.

A Gebel Silsileh, le Nil franchit un défilé rocheux ; puis la vallée s'ouvre et présente jusqu'au Caire des contours assez réguliers ; sa plus grande largeur est d'une vingtaine de kilomètres et sa largeur moyenne de dix kilomètres.

Le Nil est ordinairement plus rapproché du désert arabique que du désert lybique. Sur sa rive droite, sauf dans la province de Kéneh, il n'existe guère que des parties cultivables peu étendues qui forment en général des plaines discontinues séparées par des contreforts désertiques.

Ainsi de Ouady Halfa au Caire il n'y a sur la rive droite que 160 000 hectares cultivables tandis que sur la rive gauche il en existe 688 000. Aussi à partir de Kéneh les principaux centres de population, Guirgueh, Sohag, Assiout, Minieh, Benisouef, sont tous à l'ouest du fleuve.

Toute la région située au sud d'Assiout est cultivée presque exclusivement par bassins d'inondation. L'aspect en est très différent suivant l'époque de l'année où on la parcourt.

En hiver, c'est une mer de verdure, coupée de distance en distance par les digues en terre qui limitent les bassins, et d'où émergent les villages bâtis sur des monticules qui sont les seules aspérités de cette plaine limoneuse nivelée par les apports du Nil.

Au printemps, ce n'est plus qu'un sol noir, fendillé, desséché, d'apparence stérile sur lequel se détachent quelques oasis fertilisés par les eaux d'arrosage que le fellah élève à grand renfort de bras ou de machines à vapeur. Au-dessus de cette plaine, dans le lointain, émerge la longue ligne des plateaux qui bordent de chaque côté la vallée et qui, tantôt sous l'aspect de croupes onduleuses jaunies par le sable, tantôt sous la forme de roches abruptes brûlées par les ardents rayons du soleil, montrent de loin la barrière que ne peut franchir le domaine des cultures.

Enfin en été, pendant la crue, toute cette terre, sauf quelques champs verdoyants de maïs qui serpentent le long des rives du fleuve, est noyée sous une nappe d'eau que divisent les rubans sinueux des digues et d'où surgissent les taches noires des villages (fig. 1).

Si, au lieu de prendre la voie de terre, le voyageur s'abandonne au cours du Nil, son horizon, pendant l'étiage, se trouve généralement limité au cours même du fleuve, à ses îles et à ses bancs de sable ; ses yeux ne

rencontrent guère que de hautes berges couronnées de digues sur lesquelles apparaissent de distance en distance des bourgades construites en terre et

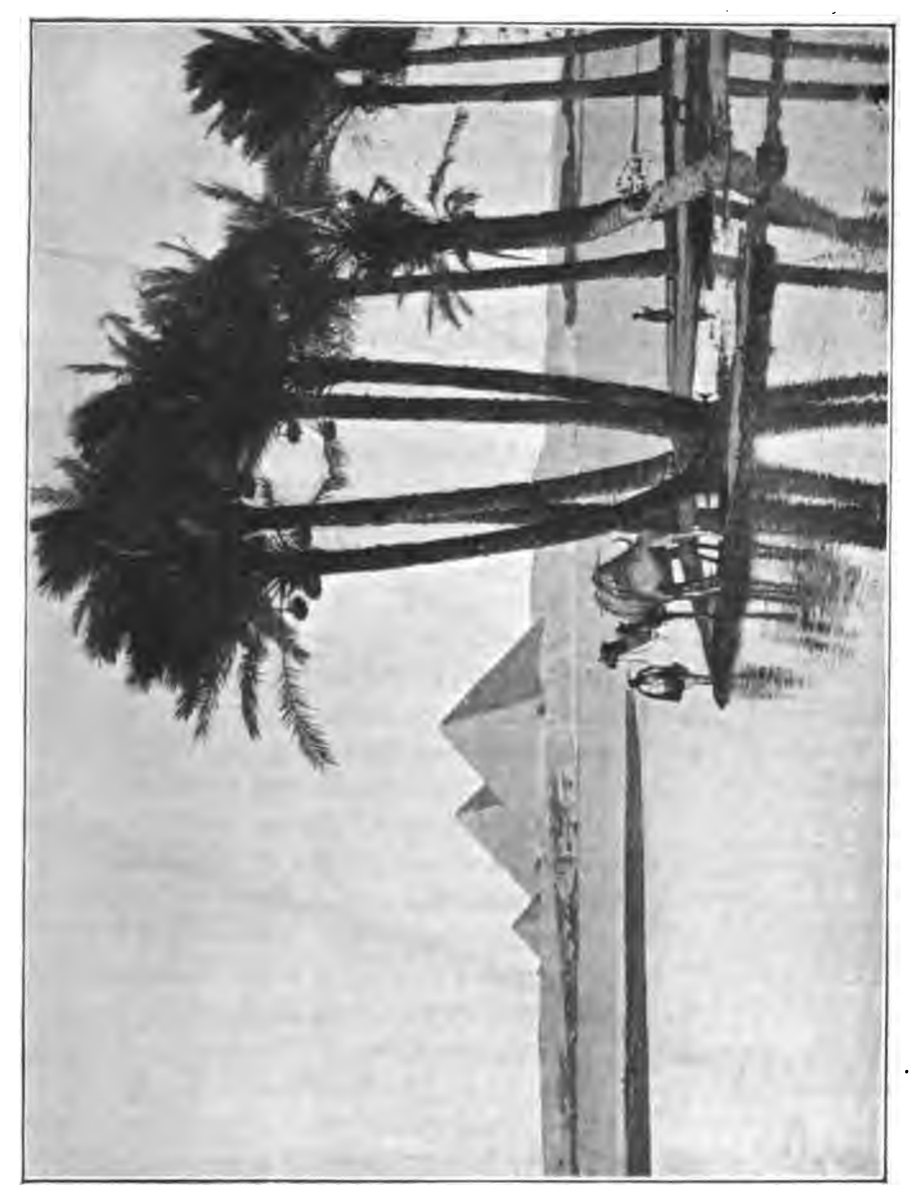


Fig. 1. — Aspect d'un bassin d'inondation pendant la crue.

entourées de palmiers. Parfois, du côté de la rive droite, sur plusieurs kilomètres de longueur surplombent des falaises escarpées. Mais, pendant la saison des hautes eaux, le spectacle change, le pont de la dahabieh ou du bateau à vapeur domine alors la plaine qui apparaît, suivant l'époque, soit couverte de récoltes, soit noyée jusqu'aux confins du désert sous l'eau d'inondation.

Quelques points de la vallée se présentent toutefois sous un aspect différent; ce sont ceux où l'antique culture des bassins a été remplacée par la pratique des irrigations, soit qu'on y élève l'eau du fleuve au moyen de puissantes pompes à vapeur, comme à Erment, Mentana, Dabayah, au sud de Louxor, ou dans la région de Nag Hamadi; ou, sur la rive droite, à Cheikh Fadel, ou encore en certains endroits de la province de Guizeh; soit, comme entre Assiout et Benisouef, qu'une grande dérivation, appelée le canal Ibrahimieh, distribue l'eau sur une bande de 5 à 6 kilomètres de largeur et de plus de 200 kilomètres de longueur. Là, la culture est permanente; la canne à sucre en constitue l'élément le plus important et de grandes usines échelonnées le long du Nil dressent leurs énormes bâtiments et leurs hautes cheminées qui coupent le paysage large et monotone. La végétation y règne presque toute l'année, l'inondation n'y répand pas ses eaux sur les terres; le fellah travaille chaque saison aux récoltes que l'irrigation lui permet de confier à la terre généreuse.

On donne ordinairement les noms de Haute Égypte à la partie de la vallée du Nil située au sud d'Assiout et de Moyenne Égypte à la région qui s'étend entre Assiout et le Caire. La Haute Égypte a 500 kilomètres de longueur et la Moyenne Égypte 300 kilomètres.

Dans la Moyenne Égypte est comprise une province dont la topographie présente un caractère tout particulier; elle se nomme le Fayoum. C'est une dépression, presque circulaire, découpée dans le désert lybique qui la domine de toute part et au fond de laquelle est un lac sans issue, le lac Keroun. Le Fayoum est situé à 80 kilomètres environ au sud du Caire, en dehors de la vallée même du Nil, avec laquelle il communique seulement par une trouée qui donne passage à une dérivation du fleuve appelée Bahr Yousef, unique source d'alimentation des canaux d'arrosage de cette province. La pente du sol y étant relativement forte, beaucoup de ces canaux forment de véritables ravins creusés par la chute naturelle de l'eau jusqu'à des profondeurs qui atteignent parfois 15 mètres au-dessous de la surface du terrain. La culture s'y fait par irrigation.

Si enfin, en sortant du Caire, on pénètre dans la Basse Égypte ou Delta, on n'aperçoit, à perte de vue, qu'une vaste plaine, uniformément plate, aménagée en cultures variées auxquelles un immense réseau de canaux distribue toute l'année l'eau d'arrosage. De nombreux et grands villages couvrent la campagne, un peuple de travailleurs est répandu en toute saison dans les champs, prodiguant spécialement ses soins au cotonnier, source principale de la richesse du pays, et au maïs qui est l'aliment traditionnel du fellah. La contrée est parsemée de pompes à vapeur qui élèvent les eaux d'irrigation et d'usines où affluent le coton pour y être égrené et comprimé.

Mais au fur et à mesure qu'on avance vers le Nord, la terre devenant plus basse, sa fertilité diminue ; les cultures se font pauvres et rares ; de vastes surfaces de terrains incultes, en partie marécageuses, commencent à apparaître pour se fondre plus loin dans les grands lacs qui forment une ceinture presque continue entre le Delta et la mer.

Ces lacs reçoivent le trop plein des eaux des canaux, les eaux de colature et les eaux d'infiltration de la vallée. Ils sont au nombre de quatre : le lac Mariout et le lac d'Edkou, à l'ouest de la branche de Rosette ; le lac Bourlos, entre les deux branches du Nil, et le lac Menzaleh, à l'est de la branche de Damiette.

CLIMAT[1]

Les caractères généraux du climat du Caire sont la rareté de la pluie, la faible intensité du froid, la longueur de la période annuelle des chaleurs, la limpidité ordinaire de l'atmosphère ; toutefois les quatre saisons y sont marquées par des phénomènes spéciaux qui les distinguent assez nettement les unes des autres.

En hiver, la température est douce et assez régulière ; elle est à peu près, en moyenne, celle qui se produit pendant l'été dans certaines villes de l'Écosse, à Édimbourg par exemple ; la neige est inconnue, la gelée exceptionnelle, la pluie peu fréquente ; il est rare que le ciel soit entièrement couvert par les nuages.

Même pendant l'hiver, la puissance du rayonnement donne lieu à des différences assez fortes de température entre le jour et la nuit ; mais c'est surtout en mars, avril et mai qu'on constate de grandes et brusques variations de chaleur. Elles coïncident avec l'apparition de vents, désignés sous le nom de khamsin, qui, après avoir soufflé pendant plusieurs jours de la région du sud et avoir rapidement relevé le thermomètre, sont presque subitement remplacés par des vents d'ouest et du nord chargés de fraîcheur et d'humidité. Ces vents sont le phénomène particulier du printemps ; souvent violents, ils apportent du désert qu'ils ont traversé tant de poussière que le soleil en est obscurci comme par un épais brouillard ; généralement accompagnés d'une forte dépression barométrique, ils sont parfois si brûlants qu'ils causent à l'organisme une sensation des plus pénibles et deviennent un fléau pour l'agriculture. Cependant, entre les périodes de khamsin, se rencontrent fréquemment de belles journées chaudes de printemps avec de belles nuits fraîches et calmes.

Mais bientôt s'annonce l'été avec la continuité de ses journées torrides,

[1] Notice sur le climat du Caire, par l'auteur, publiée dans le *Bulletin de l'Institut Egyptien*, 1889.

tempérées par la brise du nord, et avec ses nuits légèrement refroidies qui procurent à la nature quelques instants de délassement, en attendant que le soleil darde de nouveau ses rayons dans un ciel presque uniformément pur. Le calme des jours et des nuits, la température élevée et sèche, relativement légère à supporter, la fréquence des vents du nord sont les caractéristiques de l'été.

La crue du Nil, vers le mois de septembre, apporte un peu d'humidité dans cet air desséché ; le matin, de gros nuages montent dans le ciel, le sol est souvent couvert d'une abondante rosée ; la direction des vents devient plus variable, puis, en octobre et novembre, la température s'abaisse, le ciel est plus couvert, parfois il tombe un peu de pluie, l'hiver se prépare.

Le tableau ci-dessous résume les principales données météorologiques du climat du Caire.

Principales données météorologiques du climat du Caire (d'après les observations de l'observatoire de l'Abbassieh au Caire).

MOIS	TEMPÉRATURES			PRESSIONS MOYENNES (moy. de 20 années 1868-1887).	HUMIDITÉ		ÉVAPORATION (moy. des années 1887-1888).	NUAGES en dixièmes de la surface du ciel (moy. de 15 années comprises entre 1868 et 1888).	OBSERVATIONS
	moyennes. (moy. de 31 ans 1868-1898)	moy. de 20 ans 1868-1887 maxima.	moy. de 20 ans 1868-1887 minima.		relative (moyenne de 13 ann. entre 1870 et 1888).	absolue (moyenne des 4 années 1884-1887).			
	degrés.	degrés.	degrés.	mm.	p. 100.	gr.	mm.		
Janvier. .	12,30	6,9	18,3	762,12	68	7,6	2,29	3,5	Le Caire est situé à 160 kil. environ de la mer, l'observatoire à 33 m. d'altitude, l'altitude moyenne de la région est de 20 m. Latitude nord : 30°4'40". Longitude est de Greenwich 2 h. 5 m. 9 s.
Février. .	13,67	6,8	20,0	61,42	63	7,7	2,65	3,6	
Mars. . .	16,87	9,0	23,4	59,14	55	7,8	5,55	3,2	
Avril. . .	21,24	14,4	30,1	57,80	45	8,0	6,43	2,4	
Mai . . .	24,90	15,2	33,3	57,65	43	9,6	8,16	1,7	
Juin. . .	27,87	18,9	35,7	56,44	42	11,1	9,98	0,7	
Juillet . .	28,85	20,6	36,9	54,49	46	12,7	11,93	0,9	
Août. . .	27,89	21,1	35,7	54,86	53	13,9	10,00	1,1	
Septembre	25,80	19,8	33,3	57,52	59	13,8	7,54	1,5	
Octobre .	23,10	20,0	33,6	59,62	64	13,3	5,47	2,1	
Novembre	18,51	13,9	26,3	60,80	67	10,4	4,00	2,9	
Décembre.	14,52	9,2	21,6	61,74	68	8,6	3,17	3,5	
Moy. annuelles .	21,29	14,6	29,0	758,63	56	10,4	6,42	2,3	

Le climat du Caire n'est pas naturellement celui de toute l'Égypte ; à mesure que l'on s'approche de la mer, la température est moins élevée, la différence de température entre les jours et les nuits moins forte, l'humidité plus abondante, les pluies plus fréquentes. L'intensité de ces phénomènes varie en sens inverse lorsqu'on s'avance dans la direction du sud. Mais le Caire donne à peu près exactement l'idée du climat moyen de l'Égypte.

Température. — Au Caire, la température moyenne mensuelle la plus

basse est celle du mois de janvier, elle est de 12°,30; elle va en croissant de mois en mois jusqu'au mois de juillet où elle atteint 28°,85, puis elle redescend régulièrement jusqu'à la fin de l'année; la température moyenne annuelle est de 21°,29.

La température la plus élevée constatée au Caire est de 47°,3 et la plus basse 2° au-dessous de zéro dans l'ensemble des années 1868 à 1898.

A Alexandrie, sur le bord de la mer, la température moyenne annuelle est un peu plus basse qu'au Caire, 20°,66, la moyenne de l'hiver étant à peu près la même que pour le Caire et la moyenne de l'été inférieure de 2°,5, toujours avec des écarts moindres entre le maximum et le minimum de chaque jour et avec des températures maxima inférieures à celles du Caire.

Du Caire à la mer, la température varie progressivement entre ces limites; en remontant le Nil au contraire, la moyenne et les maxima augmentent, mais on ne possède pas d'observations régulières assez complètes pour pouvoir fixer des chiffres.

Pression atmosphérique. — Les variations de la pression atmosphérique sont faibles; elles se produisent surtout au moment des changements de vents ou khamsin des mois d'avril, mai et juin.

État du ciel. — Les chiffres indiqués au tableau ci-contre dans la colonne intitulée « nuages » montrent que le ciel d'Égypte est ordinairement très découvert; il l'est surtout pendant la nuit, c'est ce qui explique le rayonnement intense qui se produit et qui a pour conséquence les fortes différences de température constatées entre le jour et la nuit, différences qui s'élèvent en été, en moyenne, à 16° et qui descendent en hiver à 12°. La sécheresse des régions désertiques qui enserrent l'Égypte est la cause principale de ce phénomène qui s'atténue naturellement au fur et à mesure qu'on s'approche de la mer.

Humidité atmosphérique. — La pluie est peu fréquente au Caire et dans la Haute Égypte; elle l'est davantage dans le voisinage de la mer.

Ainsi, par exemple, en 1888, année relativement pluvieuse, il est tombé au Caire 42,40 mm. de hauteur d'eau en vingt-cinq fois réparties dans les mois de janvier, février, avril, mai, juin, novembre et décembre.

En 1887, année sèche, il n'a plu que treize fois, dans les mois de janvier, février, mars, avril, novembre et décembre; la hauteur totale d'eau tombée n'a été que de 21,90 mm. En moyenne, on peut dire qu'il pleut une vingtaine de jours par an avec une chute totale d'une trentaine de millimètres.

A Alexandrie, il pleut en moyenne quarante jours par an avec une

chute de 200 millimètres. En 1877, il a plu cinquante-six fois dans l'année.

D'une façon à peu près absolue, en Égypte, il ne pleut pas entre la fin d'avril et le commencement d'octobre.

Si donc les pluies peuvent présenter une certaine importance pour l'agriculture dans le nord du Delta et jusqu'à une centaine de kilomètres de la mer, elles sont, à ce point de vue, absolument négligeables dans le reste de l'Égypte.

Cela ne veut pas dire, d'ailleurs, que l'ingénieur n'ait jamais à s'en préoccuper pour ses travaux. Ainsi, une commission internationale chargée, en 1892, d'étudier un projet d'assainissement du Caire, décidait que le réseau des égouts devrait être calculé pour débiter 3,6 litres d'eaux de pluie par seconde et par hectare ; ce chiffre était basé sur ce que la plus forte quantité de pluie tombée au Caire avait été, le 7 décembre 1891, de 12,4 mm. en une heure et dix minutes ; c'est là, du reste, une pluie exceptionnelle.

D'autre part, lorsque de fortes averses tombent sur les plaines en pente ou sur les vallées encaissées du désert qui entoure l'Égypte, les eaux se précipitent avec violence, en torrents, sur les terres basses ou les terrains cultivés qu'elles rencontrent. Ce n'est pas dangereux lorsque ces eaux s'étalent sur de grandes surfaces plates ; mais lorsqu'elles rencontrent des obstacles qui s'opposent à leur passage, elles les rompent parfois et causent alors d'importants dégâts. Il n'est pas très rare que les chemins de fer construits dans le désert, tels que les lignes d'Ismailiah à Suez, du Caire à Helouan, de Louxor à Assouan, soient coupés par les pluies, soit parce que la voie est établie sur des terrains de déjection où elle barre les écoulements naturels, soit parce que les ouvrages d'art n'ont pas une ouverture suffisante, d'ailleurs fort difficile à prévoir faute d'observations précises.

Les brouillards sont rares au Caire ; ils se produisent le matin pendant les mois de janvier, février, septembre, octobre, novembre et décembre ; c'est dans ces deux derniers mois qu'ils sont les plus fréquents. De 1885 à 1888 le nombre des jours de brouillard a varié de onze à quarante-trois par an, la moyenne étant de vingt-cinq. Ces brouillards sont parfois assez épais sur le cours du Nil pour empêcher absolument la navigation.

Dans la Basse Égypte, les brouillards de la fin de septembre et du mois d'octobre sont funestes aux cotonniers dont ils pourrissent les graines, ils sont très redoutés des agriculteurs.

Humidité relative. — L'humidité relative au Caire est, en moyenne :

Pour l'hiver	62 p. 100
— le printemps	43 —
— l'été	52 —
— l'automne	66 —

Elle est en moyenne, pour l'année, de 56 p. 100.

Il y a de très grandes variations d'humidité entre les diverses heures du jour ; ainsi, en 1887, la moyenne des différences entre le maximum et le minimum journaliers d'humidité a été en juillet de 52; c'est le mois pour lequel cette différence est la plus forte; elle a été de 17 en janvier, mois pour lequel elle est la plus faible. La sécheresse peut atteindre des valeurs considérables, surtout pendant les mois de mars, avril, mai et juin et, par les vents du sud, les variations d'humidité peuvent être très rapides ; ainsi, le 17 mars à six heures du matin, l'atmosphère était complètement saturée d'humidité et, à trois heures, elle n'en contenait plus que 11 p. 100 ; c'est, il est vrai, un cas exceptionnel. Les courbes des variations diurnes de l'humidité présentent leurs points extrêmes aux mêmes heures que les courbes de température.

Quant à la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air, elle est :

En hiver de.	7,7	gr. par mètre cube.
Au printemps.	9,6	—
En été	13,5	—
En automne	10,8	—

Toutes ces observations concourent pour montrer que le climat du Caire et de l'Égypte en général est particulièrement sec et qu'il ne serait qu'une cause de stérilité si le Nil ne répandait sur le pays ses eaux fécondantes.

Sans doute, l'action de la mer tend à atténuer l'influence néfaste de la sécheresse dans les parties septentrionales du Delta ; ainsi, comme donnée extrême, l'humidité relative moyenne est, à Alexandrie :

En hiver	70	p. 100
Au printemps	71	—
En été	76	—
En automne.	71	—

soit, en moyenne, 72 p. 100; mais néanmoins, même dans cette partie de l'Égypte, le facteur prédominant de la fertilité du sol est encore l'eau qui est apportée par le fleuve.

Vents. — Le vent du nord est le vent dominant de l'Égypte; il souffle en moyenne pendant une durée de cent cinquante jours par an, surtout pendant les mois d'été, de mai à octobre, et adoucit la rigueur du climat.

Il a déjà été dit quelques mots du « khamsin », vent du sud, qui règne particulièrement vers les mois de mars et d'avril, se produit parfois dès le mois de février et, certaines années, souffle encore en mai et en juin. Le khamsin est pour l'Égypte ce qu'est le sirocco pour l'Algérie ; il est sec et chaud ; il se manifeste ordinairement par périodes de trois ou quatre jours ;

quand il est fort, il dessèche tout sur son passage et cause d'énormes relèvements de température qui peuvent atteindre au Caire jusqu'à 45°.

Orages. — Quoique l'atmosphère soit, à certains moments, très chargée d'électricité, surtout quand soufflent les vents du sud qui entraînent avec eux de grandes quantités de poussières fines et sèches, les orages sont rares en Égypte. La grêle est tout à fait exceptionnelle.

Évaporation. — Dans un pays dont toute la vie dépend de la distribution des eaux du Nil et où la sécheresse de l'air est considérable, les ingénieurs ont naturellement à se préoccuper sérieusement de la quantité d'eau évaporée journellement, lorsqu'ils ont à fixer le débit des canaux d'arrosage et de drainage ou la quantité d'eau à emmagasiner dans les bassins et les réservoirs.

D'après les chiffres relevés à l'observatoire du Caire en 1887 et 1888, la hauteur d'eau évaporée serait en moyenne de 6,42 mm., par jour, ce qui correspond à une hauteur annuelle de 2,35 m. En juillet, cette hauteur atteint 12 millimètres par jour et en janvier elle descend à 2,30 mm.

M. Linant de Bellefonds, dans son ouvrage sur les travaux publics en Égypte, rapporte que des observations faites pendant deux années sans interruption l'ont conduit à fixer l'évaporation moyenne à 9 millimètres de hauteur d'eau par jour. Il s'agit là, probablement, de chiffres relevés sur des réservoirs de petites dimensions ; l'auteur n'indique pas d'ailleurs la nature des expériences qu'il a faites.

Lors de la construction du canal de Suez et au moment du remplissage des Lacs Amers, M. Lavalley, entrepreneur des travaux, fit des constatations en grand, du mois de mars au mois d'août, c'est-à-dire pendant la saison chaude, et il trouva que, sur cette grande surface, il s'évaporait chaque jour une hauteur d'eau de 3 ou 4 millimètres seulement. C'est ce chiffre qui a été admis, en 1882, par la commission officielle chargée d'examiner en France le projet de la mer intérieure de Gabès, comme représentant l'évaporation probable en Tunisie, sous un climat analogue à celui de l'Égypte.

Le major R. H. Brown, inspecteur général des irrigations, dans son livre *The Fayum and Lake Mœris* donne pour le lac Keroun, au Fayoum, 0,01 m. par jour pendant les trois mois les plus chauds de l'année et plus de 0,006 m. en moyenne pour l'ensemble des mois de mars à septembre.

Dans son ouvrage *Egyptian Irrigation* publié en 1889, M. Willcocks, alors inspecteur des irrigations, conclut d'observations faites également sur le lac Keroum, que l'évaporation y est de 7,5 mm. par jour en mai et juin. D'autres expériences faites par lui-même au nord du Delta, du 1er août à fin novembre, sur une surface d'eau de 380 000 000 mètres carrés, il déduit le chiffre de 3 millimètres par jour. En résumé, il déclare qu'on peut

admettre pour la Haute Égypte 7 millimètres en été et 5 millimètres en hiver et, pour la Basse Égypte, 3 millimètres en été, 2 millimètres en hiver.

Enfin, dans le grand projet que cet ingénieur a présenté en 1894 pour l'établissement d'un réservoir d'emmagasinement des eaux du Nil à Assouan, à l'extrême sud de l'Égypte, il a admis le chiffre de 8 millimètres par jour pour l'évaporation pendant la saison de la crue.

DIVISIONS ADMINISTRATIVES. — SURFACE CULTIVÉE. — POPULATION

La superficie totale de l'Égypte, en tenant compte des terres incultes, des lacs, marécages, etc., peut être évaluée à un peu plus de 33 000 kilomètres carrés.

Ainsi, comme comparaison, on peut dire que le Nil, en Égypte, a une longueur analogue à celle de la Loire et que la surface totale du pays correspond à celle de cinq départements français.

La superficie cultivée en 1900 était de 23800 kilomètres carrés répartis comme il suit :

Haute Égypte.

Rive droite du Nil	1 600 km²	
Rive gauche du Nil	6 900	
Province du Fayoum	1 300	
Total pour la Haute Égypte		9 800 km²

Basse Égypte.

A l'est de la branche de Damiette	5 250 km²	
Entre les deux branches,	5 830	
A l'ouest de la branche de Rosette	2 920	
Total pour la Basse Égypte		14 000 km²
Total général pour l'Égypte		23 800 km²

La population est de 9 717 000 habitants, d'après le recensement de 1897 ; elle ressort à 409 habitants par kilomètre carré de terres cultivées et à 289 habitants par kilomètre carré de territoire.

L'Égypte est donc un pays très peuplé. La population de la Belgique, qui est la plus dense de l'Europe, n'est que de 187 habitants par kilomètre carré.

Au point de vue administratif, la vallée du Nil est divisée en quatorze provinces et six gouvernorats, non compris des gouvernorats extérieurs comme celui d'el Ariche, en Asie, et de Souakim, sur les bords de la mer Rouge.

La population et les terres cultivées sont réparties comme il suit entre ces divisions administratives.

		SUPERFICIE cultivée en 1900.	POPULATION (recensement de 1897)
		hectares.	habitants.
Haute Égypte. (Les provinces sont indiquées ci-dessous en descendant le cours du Nil du sud au nord) :			
Provinces.	de Nubie	32 200	240 382
	de Keneh	148 500	711 457
	de Guirgueh	139 400	688 011
	d'Assiout	179 500	782 720
	de Minieh	169 300	548 632
	de Benisouef	100 500	314 454
	de Guizeh	81 000	401 634
	de Fayoum	128 600	371 006
Basse Égypte. A l'est de la branche de Damiette :			
Provinces.	de Galioubieh	82 100	371 465
	de Charkieh	231 000	749 130
	de Dakhalieh	213 000	736 708
Entre les deux branches du Nil :			
Provinces.	de Menoufieh	150 900	864 206
	de Garbieh	431 400	1 297 656
A l'ouest de la branche de Rosette :			
Province de Béhéra		291 500	631 225
Gouvernorats.			
Le Caire		» »	570 062
Alexandrie		» »	319 766
Damiette		» »	43 751
Canal de Suez		» »	50 179
Suez		1 200	24 970
TOTAUX		2 380 100	9 717 414

VOIES DE COMMUNICATION

La principale voie de communication est le Nil qui constitue une magnifique artère de navigation traversant le pays dans toute sa longueur du nord au sud et desservant le Delta par les deux branches de Rosette et de Damiette. Ce fleuve forme une route ouverte aux transports par bateaux sur près de 2 000 kilomètres de longueur depuis la frontière sud jusqu'à la mer, avec le seul obstacle naturel de la cataracte d'Assouan le long de laquelle on vient de construire un canal avec écluses. La navigation est, il est vrai, difficile et même impossible en beaucoup de points pendant la saison des basses eaux.

Au Nil viennent s'ajouter : dans la Moyenne Égypte, les deux grands cours d'eau du canal Ibrahimieh et du Bahr Yousef, qui coulent parallèlement au fleuve, sur sa rive gauche, et qui donnent ensemble une longueur

plus ou moins navigable d'environ 500 kilomètres; dans le Delta, presque tous les grands canaux d'irrigation et de drainage dont, en 1895, 800 kilomètres étaient utilisables pour la circulation des bateaux pendant toute l'année et 500 kilomètres pendant la période des hautes eaux seulement. Ce réseau navigable s'est encore étendu depuis cette époque.

L'Egypte a en outre à sa disposition comme voies terrestres : un réseau de chemins de fer appartenant à l'État; des voies ferrées agricoles construites et exploitées par des compagnies avec garantie de l'État; des routes agricoles.

Les lignes de l'État sont à voie normale; elles se ramifient au travers du Delta sur 1 210 kilomètres et se prolongent le long du Nil, dans la Haute Égypte, jusqu'à Louxor, sur 673 kilomètres, avec embranchements de 73 kilomètres dans le Fayoum. De Louxor à Assouan, la ligne de la Haute Égypte est continuée par une voie de 1,06 m. d'écartement sur 220 kilomètres. Enfin, une ligne à voie normale de 84 kilomètres de longueur est actuellement en construction pour relier Port-Saïd au réseau de l'État.

Quant aux chemins de fer agricoles, ils sont à voie étroite. A la fin de 1901 les longueurs exploitées étaient :

1° Dans le Delta :	
Ligne de Mansourah à Matarieh (province de Dakhalieh), voie de 1 m.	109 km.
Lignes de la compagnie des Delta Light Railways, voie de 0,75 m. . .	735
2° Dans le Fayoum, voie de 0,75 m.	120
Total	964 km.

Il existe, en outre, dans la Moyenne et la Haute Égypte, de nombreuses lignes privées spécialement destinées au transport de la canne à sucre entre les champs de culture et les usines de fabrication.

En principe, les chemins de fer agricoles sont posés sur les routes créées par le gouvernement sous le nom de « routes agricoles » et dont l'exécution a été commencée en 1889. Ces routes sont de simples levées en terre, non macadamisées. Telles qu'elles sont, elles ont beaucoup contribué à améliorer les communications et à développer les charrois. Tous les transports par terre se faisaient autrefois à dos de chameau, de cheval ou d'âne et ces bêtes, surchargées de lourds fardeaux, n'avaient pour circuler que des chemins étroits, raboteux, coupés à chaque pas par des rigoles d'arrosage. L'Égypte qui donnait tous ses soins et consacrait toutes ses ressources à la distribution des eaux d'irrigation avait toujours négligé l'importante question des transports par terre.

Aujourd'hui le réseau des routes agricoles est déjà assez étendu et il

s'accroît chaque année. A la fin de 1899, on en comptait dans la Haute Égypte :

Province de Minieh.	91 km.	
— Benisouef	107	
— Fayoum	320	
Total.		518 km.

Dans la Basse Égypte :

Province de l'est.	370 km.	
— du centre.	693	
— de l'ouest.	281	
Total.		1 344 km.
Total général. . .		1 862 km.

En dehors de ces routes, les digues du Nil et beaucoup de digues de canaux et de bassins servent à la circulation.

Pour ses échanges avec les pays étrangers, l'Égypte possède un grand port de commerce, Alexandrie, dont le mouvement à l'entrée représentait en 1901 un tonnage total de 2 560 000 tonnes, et plusieurs ports secondaires, tels que Rosette et Damiette, aux embouchures du Nil, Suez, Kosseir et Souakim, sur la Mer Rouge. Port-Saïd n'est actuellement qu'un port de transit pour le canal de Suez, mais il pourra devenir un débouché important pour l'Égypte quand sera terminée la ligne, actuellement en cours d'exécution, qui reliera cette ville au réseau des chemins de fer de l'État égyptien.

La valeur totale du commerce qui se fait par ces ports est, à l'importation, de 256 000 000 francs et, à l'exportation, de 317 000 000 francs. Les exportations consistent presque exclusivement en produits du sol.

PRODUITS AGRICOLES

De toute antiquité, l'agriculture a été la source de toute richesse en Égypte. Le tableau reproduit ci-après donne une idée de la puissance et de la variété de la production agricole en indiquant les superficies affectées aux divers genres de récoltes. Ce tableau qui nous a été communiqué par M. Boinet bey[1], directeur du bureau de statistique au Ministère des Finances d'Égypte, se rapporte à l'année 1899 qui a été une année d'abondance.

[1] Actuellement secrétaire général du Ministère des Travaux Publics.

Superficie des cultures d'Égypte dans l'année 1899.

NATURE DES CULTURES	SURFACES CULTIVÉES		
	Haute Egypte.	Basse Égypte.	Totales.
	hectares.	hectares.	hectares.
Coton	37 675	455 636	493 311
Blé	257 548	264 008	521 556
Orge	91 415	135 843	227 258
Riz	12 757	81 787	94 544
Maïs divers, millet (doura)	215 531	385 389	600 920
Canne à sucre[1]	26 225	2 552	28 777
Fèves	162 593	70 842	233 435
Lentilles	34 112	2 335	36 447
Trèfle	149 522	313 110	462 632
Chanvre	817	1 516	2 333
Lin	»	290	290
Sésame	355	2 308	2 663
Indigo	43	26	69
Henné	39	723	762
Arachides	110	6 613	6 723
Carthame	1 976	67	2 043
Fenu grec	33 265	6 506	39 771
Oignons	8 137	3 562	11 699
Gesse	11 891	89	11 980
Melons, pastèques	6 761	6 398	13 159
Pois chiches, lupins, haricots	8 178	2 922	11 100
Légumes divers	1 533	4 723	6 256
Pavots	72	6	78
Vignes	373	816	1 189
Cultures diverses	6 032	10 435	16 467
TOTAUX	1 066 960	1 758 502	2 825 462

[1] On cultive aussi depuis peu de temps la betterave à sucre; mais cette culture, toute nouvelle pour le pays, est encore assez limitée.

Il existe en outre, en Égypte, 4 500 000 palmiers.

Une grande partie de ces produits est exportée et donne lieu à un mouvement commercial considérable.

Ainsi, pendant les années 1898, 1899 et 1900, l'Égypte a exporté en moyenne :

PRODUITS	QUANTITÉS	VALEURS
Coton	280 000 tonnes.	287 000 000 francs.
Graines de coton	6 660 000 hect.	44 300 000 —
Sucre	58 600 tonnes.	15 400 000 —
Fèves	900 000 hect.	8 300 000 —
Oignons	71 000 tonnes.	4 900 000 —

Sans compter d'autres produits agricoles de moindre importance.

D'autre part, pendant ces trois années, l'Égypte a reçu en moyenne, pour sa consommation, pour 65 300 000 francs de blé, maïs, farine, riz et elle en a exporté pour 2 000 000 francs environ. Elle a donc demandé à l'étranger pour 63 000 000 francs environ de ces denrées alimentaires.

Le tableau des cultures égyptiennes de la page 15 nous donne un autre renseignement intéressant sur les conditions de l'agriculture de ce pays.

On y voit, en effet, que, en 1899, il y a eu dans la Haute Égypte 1 066 963 hectares de cultures ; or comme la surface cultivée n'est que de 979 000 hectares, il en résulte que, dans cette région, la surface des cultures est 9 p. 100 plus forte que la surface cultivable : c'est la partie de l'Égypte où règne d'une façon générale le système des bassins d'inondation dans lesquels on ne peut faire qu'exceptionnellement plus d'une culture par an.

Dans la Basse Égypte, la surface des cultures a été de 1 758 505 hectares tandis que la superficie cultivée ne représente que 1 401 000 hectares ; la surface des cultures est donc de 26 °/₀ plus étendue que la surface cultivable ; ainsi une grande proportion des terres donne plus d'une récolte par an : c'est la partie de l'Égypte dans laquelle règne le système des canaux d'irrigation qui portent de l'eau toute l'année.

Pour toute l'Égypte, la surface des cultures est de 19 p. 100 plus forte que la superficie du sol cultivable.

MONNAIES, POIDS ET MESURES

L'unité monétaire est la livre égyptienne qui est divisée en cent piastres ; 77 piastres valent 20 francs.

L'unité des mesures agraires est le feddan qui vaut 4 200,833 m².

Dans le cours de cet ouvrage, nous compterons la livre égyptienne pour 26 francs et le feddan pour 4 200 mètres carrés en chiffres ronds.

L'ardeb est une mesure de capacité employée pour les céréales et qui équivaut à 197,75 litres.

Le kantar est l'unité de poids qui est en usage pour le coton, le sucre, etc. ; il pèse 44,49 kg.

CHAPITRE II

LE NIL

Considérations générales. — Le cours du Nil, les Nilomètres. — Le régime du Nil à Assouan. — Le régime du Nil en aval d'Assouan. — Débit du Nil. — Composition des eaux et du limon du Nil.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Le Nil n'est plus aujourd'hui ce fleuve mystérieux aux sources inconnues dont l'imagination populaire se plaisait à entourer de légendes les crues bienfaisantes. Le temps est passé également où les géographes, se basant sur des renseignements transmis de proche en proche par des populations sauvages et ignorantes, traçaient au fleuve un cours fantaisiste au travers de vastes régions inexplorées.

Les expéditions de Méhemet Ali, vice-roi d'Égypte, commencèrent, dans la première moitié du siècle dernier, à ouvrir l'accès de la vallée supérieure du Nil, et bientôt d'intrépides voyageurs, Speke, Grant, Baker, Chaillé-Long, Gessé, Schweinfurt et tant d'autres remontèrent le cours du fleuve, en visitèrent les affluents et apportèrent des éléments d'information qui permirent d'étudier d'un peu plus près le régime de ses eaux, de déterminer les limites générales de son bassin et de reconnaître le rôle que jouent dans l'écoulement des pluies tropicales les vastes lacs et les immenses marécages de la région équatoriale.

Les ingénieurs et les officiers que le Khédive Ismaïl envoya organiser le Soudan complétèrent ces renseignements, les précisèrent, leur donnèrent une forme plus scientifique en multipliant les observations ; mais l'étude du grand fleuve dans ces hautes régions se trouva interrompue par les événements qui, en 1884, fermèrent ce pays à la civilisation. Elle ne put être reprise qu'en 1899 lorsque les Anglais, avançant par le sud, eurent conquis les rives du lac Victoria et que l'armée anglo-égyptienne eut arraché à la barbarie la ville de Khartoum et tout le cours supérieur du Nil. Depuis plusieurs années déjà un observatoire météorologique et un nilomètre ont été installés sur le lac Victoria, d'autres nilomètres viennent

également d'être établis en divers points de la vallée, nous saurons donc dans quelques années avec certitude comment varient les débits des divers affluents et comment ils concourent à la formation de la crue qui fertilise l'Égypte.

Les données recueillies journellement sur le mouvement des eaux dans ces parages lointains sont déjà d'un grand secours pour le service des irrigations, mais elles ne sont pas encore assez nombreuses pour qu'on puisse en déduire des conclusions rigoureuses. A partir d'Assouan au contraire, le Nil a été très bien étudié depuis longtemps et est parfaitement connu ; et la raison en est simple. C'est en effet le Nil, on ne saurait trop le répéter, qui donne vraiment la vie à l'Égypte ; chacune des gouttes d'eau qu'il y apporte est un germe fécond, indispensable à toute production du sol dans ce pays brûlé d'un bout à l'autre de l'année par un soleil qui se voile rarement ; sous d'autres climats, l'utilisation agricole des rivières peut apporter un surcroît de richesse au pays, ici la fertilité résulte uniquement de l'art avec lequel les eaux d'arrosage sont aménagées et distribuées dans les diverses parties du territoire, la stérilité règne partout où ces eaux n'arrivent pas.

Aussi l'étude des fluctuations du Nil en Égypte a, dès l'époque des civilisations anciennes, joué un rôle important dans les préoccupations des gouvernants. Les restes du nilomètre pharaonique de l'île d'Éléphantine en sont une preuve, ainsi que la découverte récente, sur le mur du quai antique du temple de Karnak, d'inscriptions relatant les niveaux et les dates de plusieurs crues des IX[e] et X[e] siècles avant notre ère.

Plus tard, les historiens arabes conservèrent dans leurs ouvrages le souvenir des crues les plus remarquables par leur abondance ou leur pauvreté ; on inscrivait d'ailleurs religieusement dans les archives les cotes du Nil relevées à un nilomètre établi dans l'île de Rodah, auprès du Caire, et des fêtes officielles et populaires dont l'une, celle de l'ouverture du canal du Khalig, au Caire, s'est maintenue jusqu'à nos jours, célébraient l'arrivée de l'inondation sur les terrains de culture.

Dans les temps modernes, les premières recherches un peu précises sur le Nil ont été faites par les ingénieurs de l'expédition de Bonaparte. De cette époque datent des cartes de la vallée à grande échelle, des relevés de vitesse, de pentes et de débits. Ces travaux furent continués sous les règnes de Méhémet Ali et de ses successeurs par des ingénieurs français, parmi lesquels Linant de Bellefonds et Mougel bey, et par des ingénieurs égyptiens. Mais l'utilisation intensive et scientifique des eaux du Nil pour l'agriculture ne faisait alors que commencer et, malgré le développement que prit l'irrigation des terres dans la période comprise entre 1850 et 1880, les ingénieurs du gouvernement n'ayant pas alors à leur disposition les res-

sources régulières et assurées, qui seules permettent d'entreprendre de grands travaux publics, devaient se borner à des constatations locales et laisser de côté les vues d'ensemble ; toutefois de nombreux nivellements étaient déjà exécutés et rattachés les uns aux autres. Pendant cette période, si les crues faibles et les étiages bas obligeaient parfois à prendre temporairement des mesures énergiques pour préserver le pays de la famine ou de la misère, le développement agricole n'était pas encore suffisant pour que la répartition des eaux du Nil entre les diverses parties de l'Égypte, dans une année normale, devînt une éventualité déjà inquiétante pour l'avenir. Mais le problème s'étant enfin posé, grâce à la prospérité croissante du pays, il a bien fallu serrer de plus près la question du régime du Nil. Les ingénieurs anglais qui, depuis 1884, dirigent les irrigations, se sont naturellement appliqués à obtenir des données de plus en plus précises et nombreuses sur le fleuve ; leurs études sont résumées chaque année dans des rapports imprimés dont l'ensemble forme un recueil précieux. Enfin, lorsque M. l'ingénieur Willcocks fut chargé d'établir un projet pour l'emmagasinement de l'eau des crues[1], il eut à se livrer à des recherches d'ensemble sur le cours du Nil, ses pentes, ses débits.

La besogne est donc aujourd'hui facile pour celui qui, à l'aide de tous ces documents accumulés, veut présenter un tableau du régime du fleuve et de ses particularités les plus intéressantes. Il n'existe peut-être pas, en effet, un autre grand fleuve aussi bien étudié que le Nil en Égypte dans tout ce qui concerne l'emploi de ses eaux pour l'agriculture[2].

COURS DU NIL (pl. I)

Sortant du lac Victoria à peu près sous l'équateur, le Nil parcourt un peu plus de 7000 kilomètres avant d'arriver à la mer et son bassin s'étend sur plus de trois millions de kilomètres carrés. Du lac Victoria jusqu'à Khartoum il porte le nom de Nil Blanc sur 4 000 kilomètres environ de longueur, et, dans cette partie de son cours, ses principaux affluents sont le Sobat à l'est, le Bahr-el-Gazal à l'ouest. Khartoum est situé au confluent du Nil Blanc qui vient directement du Sud et du Nil Bleu qui descend des plateaux de l'Abyssinie ; la jonction de ces deux cours d'eau forme le Nil proprement dit. Sur ses 3 000 derniers kilomètres de parcours le Nil ne reçoit plus d'autre affluent que l'Atbara, qui lui apporte les eaux de la partie septentrionale des montagnes de l'Abyssinie ; à partir de ce dernier confluent

[1] Rapport sur l'irrigation pérenne, 1894, par M. W. Willcocks.

[2] Voir également une étude sur la régime du Nil dans une notice sur le climat du Caire, publiée par l'auteur dans le *Bulletin de l'Institut Égyptien* de 1889.

situé à 2700 kilomètres de la mer, plus une rivière, plus une goutte d'eau du ciel ne viennent alimenter le lit du grand fleuve.

Le lac Victoria et le lac Albert sur le Nil Blanc, les vastes marais qui s'étendent vers le 7e degré de latitude et enfin le lac Tzana sur le Nil Bleu forment d'énormes réservoirs qui régularisent et modèrent l'écoulement par le Nil des pluies tropicales dont l'action ne s'étend guère au nord du 13e degré de latitude.

De Khartoum jusqu'à Assouan, à part quelques rares cultures que l'on rencontre sur les bords mêmes du fleuve, notamment dans la région de Dongola, c'est au milieu du désert le plus aride qu'il promène ses eaux ; il franchit dans cette région de nombreux rapides que l'on divise généralement en six cataractes ayant ensemble une longueur de 565 kilomètres avec une chute totale de 200 mètres. Assouan est à 1800 kilomètres au nord de Khartoum en suivant le Nil qui de Berber à Ouady Halfa forme une courbe prononcée vers l'Ouest.

Assouan est véritablement la porte par laquelle le Nil pénètre en Egypte ; c'est à ce point que commence réellement cette étude.

Assouan est, en chiffres ronds, à 975 kilomètres de la pointe du Delta en suivant les sinuosités du courant principal du Nil pendant les basses eaux [1].

De ce point jusqu'à Keneh, sur 280 kilomètres, il coule vers le nord, s'infléchit là par un coude assez brusque vers l'ouest, puis se dirige vers le nord-ouest et enfin reprend la direction du nord sur ses 370 derniers kilomètres.

A 25 kilomètres en aval du Caire, à l'endroit communément appelé le Barrage à cause du grand ouvrage qui commande en ce point l'irrigation de la Basse Egypte, prennent naissance les deux branches de Damiette et de Rosette qui ont chacune environ 235 kilomètres de longueur.

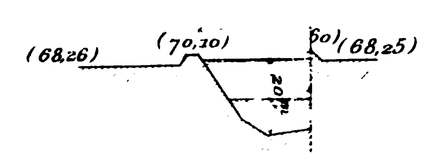
Aussitôt échappé de la ceinture de granit qui l'enserre à Assouan, le Nil prend l'allure qu'il conserve à peu près tout le long de son cours en Égypte.

En un seul point, à Gebel Silsileh, à 70 kilomètres au nord d'Assouan, il est particulièrement étroit ; sa largeur y est réduite à 350 mètres, sur une très faible longueur, par des collines de grès. Au Caire même, il n'a guère que la même largeur divisée en deux bras, le bras principal étant rétréci à 240 mètres par des constructions et des murs de quai. Sur le reste de son parcours, sa largeur est très variable. Pendant l'étiage, les bancs de sable et de limon émergent de tous côtés. Pendant les eaux moyennes, le fleuve

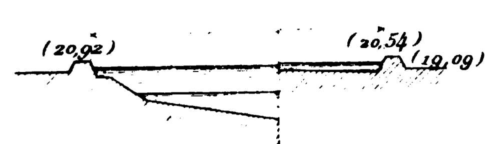
[1] C'est en prenant pour origine le point de séparation des deux branches du Delta (ou le barrage du Delta, ce qui est la même chose) et en suivant l'axe du lit mineur du Nil en basses eaux que seront cotées les distances le long du Nil dans le cours de cet ouvrage, à moins de mention spéciale.

SEC

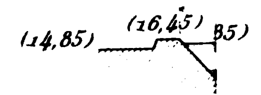
Nag Hamadire)



Em



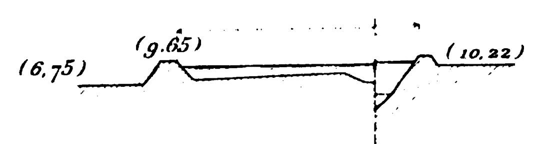
Benh



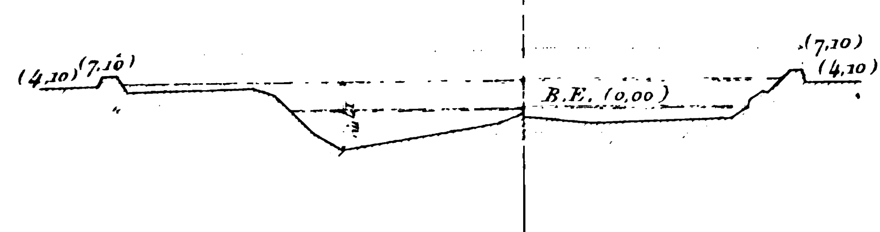
Manso

(6,00) (8,90)

Kafr



Dess



Eche

Ch. Béranger, Editeur à Paris. Ed. Oberlin, Gr.

coule entre ses berges espacées de 500 mètres à 2 kilomètres et il est souvent divisé en plusieurs branches par des îles qui atteignent quelquefois plusieurs kilomètres de longueur. Enfin, à l'époque des hautes eaux, le lit majeur serait, pendant certaines crues, la vallée tout entière, si le fleuve n'était contenu par des digues situées plus ou moins loin des berges et assez élevées pour protéger les terres contre les inondations.

Depuis la pointe du Delta jusqu'à la mer, les deux branches de Rosette et de Damiette conservent à peu près les mêmes caractères que le Nil en amont; mais la branche de Damiette présente, en général, une largeur moindre que la branche de Rosette. On aura une idée approchée de cette différence en comptant que la branche de Damiette est large en moyenne de 600 mètres, et la branche de Rosette, de 350 mètres.

Les six sections de la planche II sont prises dans les endroits où le Nil et ses deux branches sont franchis par des ponts de chemin de fer; elles représentent donc la forme du lit dans les points où les eaux sont relativement ramassées.

Le Nil coule, depuis Assouan jusqu'à la mer, sur un fond d'alluvion limoneuse ou sableuse, généralement formé de matières très fines, fond très mobile, dont le niveau varie avec l'intensité du courant, se creuse pendant la crue et se relève pendant l'étiage. Quant à la profondeur de l'eau, elle est assez faible pendant l'étiage, sur de longs parcours, pour que des bateaux ayant 80 centimètres de tirant d'eau aient la plus grande peine à naviguer et ne puissent pas franchir certains passages, tandis que, dans les endroits où le fleuve a peu de largeur, comme au Caire, cette profondeur n'est en aucune saison inférieure à une douzaine de mètres.

En considérant la direction générale de la vallée sans tenir compte des circuits qu'y trace le cours du Nil, la longueur totale de la Haute Égypte, d'Assouan à la pointe du Delta, est de 860 kilomètres environ et la longueur du Delta, en suivant de la même manière la direction générale de l'une ou l'autre des deux branches, est de 170 kilomètres.

Des chiffres donnés plus haut pour les longueurs du fleuve, il résulte que les détours du Nil représentent 10 p. 100 d'augmentation sur la ligne directe en Haute Égypte et 40 p. 100 en Basse Égypte.

La pente du Nil varie peu d'un bout à l'autre de l'Égypte; elle est naturellement plus forte en crue qu'à l'étiage. En moyenne[1], dans la Haute Égypte, elle est de 0,077 m. par kilomètre pendant les basses eaux et de 0,082 m. pendant les hautes eaux. La pente la plus forte est 0,087 m., dans la province de Keneh, où le fleuve s'infléchit brusquement vers l'ouest, et la plus faible, 0,067 m., dans la province de Benisouef, où le

[1] Rapport sur l'irrigation pérenne, par W. Willcocks, 1894, publié par le Ministère des Travaux Publics.

Nil décrit de nombreux méandres. Dans la Basse Égypte, la pente est de 0,081 m. par kilomètre en crue moyenne et de 0,050 m. en basses eaux. Donc, d'une façon générale, le Nil est un fleuve à faibles pentes. Aussi la vitesse du courant n'est pas très grande ; en crue, elle varie entre 1 mètre et 2 mètres par seconde et, à l'étiage, entre 0,30 m. et 0,70 m. par seconde, suivant les sections.

Quoique les branches de Damiette et de Rosette soient réellement les deux seules qui subsistent dans le Delta, toutes les autres branches anciennes étant actuellement ou comblées ou transformées en canaux, il ne serait pas exact de dire que les embouchures de Rosette et de Damiette soient les seules par lesquelles le fleuve se déverse dans la mer. Le Nil, en effet, écoule une partie de ses eaux, soit toute l'année, soit pendant les crues seulement, suivant le cas, par des dérivations naturelles ou artificielles dans des lacs qui limitent, au nord, les terres fertiles du Delta. Ces lacs sont isolés de la mer par une chaîne de dunes littorales qui s'appuie sur des alluvions limoneuses provenant du Nil et poussées le long du rivage par un courant marin agissant de l'ouest à l'est. Chacun d'eux communique avec la Méditerranée par une ouverture ou bouche qui lui permet de se débarrasser du trop plein des eaux que lui envoie le Nil et qu'on doit considérer comme de véritables embouchures du fleuve. Ces lacs déjà cités sont au nombre de trois : le lac d'Edkou, à l'ouest de la branche de Rosette, qui couvre en moyenne 25 000 hectares; le lac Bourlos, qui s'étend entre les deux branches du Nil sur 80 kilomètres environ de longueur parallèlement au rivage et qui a une superficie moyenne de 112 000 hectares; et enfin le lac Menzaleh, à l'est de la branche de Damiette, qui a été coupé en deux parties par le canal de Suez et dont la portion qui reçoit encore les eaux du Nil présente une longueur approximative de 60 kilomètres et une surface de 180 000 hectares environ.

Un quatrième lac littoral reçoit aussi les eaux de la vallée, c'est le lac Mariout, à l'ouest du lac d'Edkou, qui a une surface moyenne de 40 000 hectares, mais qui n'a pas d'écoulement naturel vers la mer.

Enfin, un autre lac sans issue sert encore d'exutoire aux eaux du fleuve, le lac Keroun, au Fayoum, de 20000 hectares de superficie. Il recueille le trop plein des canaux alimentés par le Bahr Yousef, ancienne dérivation naturelle du Nil qui a aujourd'hui une prise artificielle sur le grand canal Ibrahimieh, à 60 kilomètres au nord d'Assiout.

LA CRUE DU NIL. — LES NILOMÈTRES

Le Nil ne recevant que des affluents alimentés uniquement par les pluies régulières des régions intertropicales, il en résulte qu'il se produit annuelle-

ment, toujours à la même époque, une forte crue après laquelle le niveau des eaux baisse constamment jusqu'au retour de la crue de l'année suivante.

C'est la régularité de ce régime qui caractérise le Nil en Égypte. Tous les ans, le fleuve commence à croître à la fin de juin, les eaux montent jusque vers la fin de septembre, puis descendent, assez rapidement d'abord, lentement ensuite, jusqu'au mois de juin suivant. Chaque année le phénomène se reproduit de la même manière, avec la même allure générale.

Toutefois, les pluies tropicales n'ont pas tous les ans la même intensité et la même durée; elle sont tantôt en avance, tantôt en retard; en outre, elles ne se répartissent pas invariablement de la même façon dans l'immense bassin de réception du Nil. Aussi les divers affluents ne peuvent apporter chaque année à l'artère principale la même quantité d'eau, aux mêmes dates, et la crue du Nil, bien qu'elle soit dans son ensemble un des phénomènes les plus constants de la nature, n'en subit pas moins, d'une année à l'autre, des modifications très sensibles.

Il y a un grand intérêt pour l'Égypte à connaître aussitôt que possible quelle sera l'allure de la crue et, d'une manière générale, la tenue des eaux pendant les diverses saisons. Les ingénieurs et les agriculteurs devront prendre leurs mesures en conséquence, les uns pour assurer la meilleure distribution des eaux et les autres pour régler les époques de leurs semailles et l'étendue de leurs cultures.

Il y a peu d'années, avant la dernière conquête du Soudan, on ne pouvait faire à cet égard que de courtes prévisions; car du nilomètre d'Assouan, qui était alors le point d'observation le plus méridional, les eaux arrivent en cinq jours au Caire et en sept jours à la mer pendant la crue; en douze jours au Caire et en quinze jours à la mer pendant l'étiage.

Aujourd'hui des nilomètres existent à Gondokoro sur le Nil Blanc; à Sennaar sur le Nil Bleu; à Khartoum, au confluent du Nil Bleu; à Abou Hamed, en aval de l'Atbara, et en divers autres points de la vallée; et, comme les eaux parcourent la distance de Gondokoro à Khartoum en vingt jours pendant la crue et en trente-six pendant l'étiage, et la distance de Khartoum à Assouan en dix jours pendant la crue et en vingt-six jours pendant l'étiage, le service des irrigations est renseigné assez longtemps à l'avance sur les quantités d'eau que le Nil mettra à sa disposition.

Dans l'Égypte proprement dite, on n'avait, il y a une quinzaine d'années, que deux nilomètres : celui d'Assouan construit en 1869 dans l'île d'Éléphantine à l'emplacement même d'un ancien nilomètre datant de l'époque des Pharaons, et celui du Caire situé à la pointe sud de l'île de Rodah, en face de Vieux-Caire, dont l'origine connue remonte aux premiers temps de la conquête arabe. Ces deux nilomètres perpétuaient, en ce qui concerne le Nil, la grande division du pays en Haute et Basse Égypte, que les

anciens Pharaons avaient consacrée dans leurs titres honorifiques ; le nilomètre d'Assouan réglait les conditions de l'arrosage au sud du Caire, tandis que le nilomètre de Rodah servait de point de repère pour la distribution des eaux dans le Delta. Ce sont, d'ailleurs, toujours là les deux principaux nilomètres d'Égypte, ceux auxquels par tradition on rapporte les niveaux des crues ; mais pour donner une base plus précise à la distribution des eaux, on a construit plusieurs autres échelles le long du Nil et de ses branches, à la prise des principaux canaux.

Les niveaux du Nil, aux nilomètres d'Assouan et de Rodah, sont relevés en coudées ou pics de 0,54 m. Les pics sont divisés en 24 parties égales appelées kirats représentant une hauteur de 0,025 m. Toutefois, par une anomalie curieuse, au nilomètre de Rodah, les pics compris entre 16 et 22 ne sont que des demi-pics et ont 0,27 m. de hauteur seulement. On a cherché à expliquer ce fait par cette considération que les bassins de la Haute Égypte se remplissant ordinairement quand la hauteur du fleuve au Caire est comprise dans cet intervalle, une montée d'un pic à Assouan ne correspond qu'à une montée d'un demi-pic au Caire.

Quoi qu'il en soit, dans le cours de cet ouvrage, les cotes du Nil seront toujours données en mètres, de façon à ne pas fatiguer l'attention du lecteur qui n'est pas familiarisé avec les pics et les kirats.

Le zéro du nilomètre d'Assouan est à l'altitude 84,16 m. au-dessus du niveau de la mer et le zéro du nilomètre de Rodah à l'altitude 8,82 m., mais ce dernier zéro n'a plus aucun rapport avec le niveau actuel des étiages, qui descendent rarement au-dessous de l'altitude 12 mètres par suite du relèvement progressif du lit du Nil depuis l'établissement de ce nilomètre.

Pour étudier le phénomène de la crue du Nil dans ses différentes phases et pour pouvoir comparer les crues entre elles, c'est toujours au nilomètre d'Assouan qu'il faut se reporter ; car, en aval de ce point, le régime naturel du fleuve se trouve altéré pendant la crue par le remplissage ou la vidange des bassins d'inondation, l'alimentation des canaux, l'endiguement du fleuve, et, pendant l'étiage, par la retenue des barrages.

LE RÉGIME DU NIL A ASSOUAN

Prenons comme exemple l'année 1881 qu'on peut considérer comme correspondant à un état moyen du régime du Nil. Cette année-là les eaux, à Assouan, ont baissé graduellement de 2,50 m. environ, d'une façon régulière, depuis le mois de janvier jusqu'au milieu de mai ; le niveau minimum a été atteint le 14 mai ; à partir de cette date, le fleuve commença à monter, lentement jusqu'au 15 juin, puis rapidement et continuellement jusqu'au 4 septembre avec un petit arrêt dans la première quinzaine du

mois d'août. La montée totale a été de 8,15 m. Le niveau est resté à peu près stationnaire jusque vers le 20 septembre; puis il est redescendu de 5 mètres environ jusqu'au 1[er] janvier 1882 soit pendant un intervalle d'un peu plus de trois mois (fig. 2).

Telle est l'allure ordinaire du mouvement des eaux du Nil. Toutefois, sur la courbe de 1881, les crues des divers affluents qui contribuent à former la crue totale du fleuve ne sont pas très distinctement marquées, elles se confondent à peu près; dans d'autres années, on les verrait figurées par plusieurs maxima nettement séparés et se succédant à des intervalles de

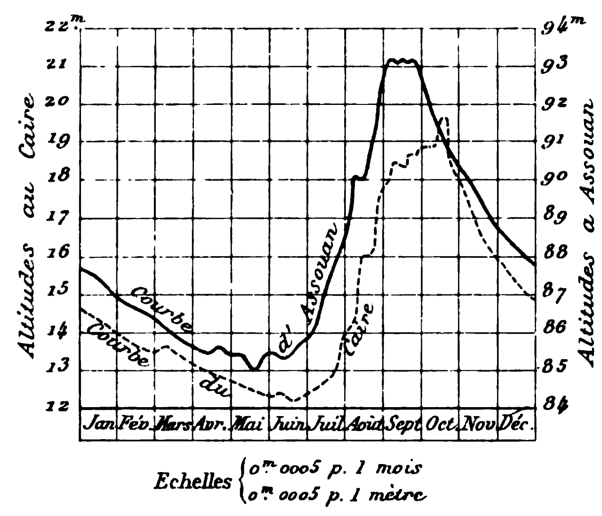


Fig. 2. — Hauteurs du Nil à Assouan et au Caire en 1881.

trois semaines à un mois pendant lesquels les eaux s'abaissent parfois de 1 mètre pour se relever ensuite.

Pour la période des 17 années 1871 à 1887 [1], la hauteur nilométrique moyenne de l'étiage à Assouan est 0,83 m. (1 p. 13 k.) correspondant à l'altitude 84,99 m. [2] et la hauteur moyenne nilométrique des crues est de 9,04 m. (16 p. 18 k.) correspondant à l'altitude 93,20 m. La montée moyenne des crues est donc de 8,20 m.; elle varie de 6,30 m. à 9,85 m. entre un étiage et le maximum suivant.

Pour la même période, la date moyenne du plus bas étiage de l'année est le 2 juin; elle oscille entre le 14 mai et le 22 juin; quant à la date moyenne du maximum de la crue, elle est le 6 septembre et oscille entre le 17 août et le 18 septembre.

Le tableau ci-joint indique la hauteur moyenne du Nil tous les 6 jours pour l'ensemble de ces 17 années; il montre que le mois de mai est celui

[1] Notice sur le climat du Caire par l'auteur, bulletins de l'Institut Egyptien.

[2] M. Willcocks adopte 85 mètres en se basant sur les vingt années 1873 à 1892.

où la cote moyenne des eaux est la plus basse, 1,01 m. à l'échelle du nilomètre (1 p. 21 k.), que c'est le mois de septembre où elle est la plus forte, 8,59 m. (15 p. 22 k.) et que les trois mois d'août, septembre et octobre forment vraiment l'époque de la crue proprement dite.

Hauteurs du Nil à Assouan de six jours en six jours (moyenne des années 1871 à 1887).

DATES		HAUTEURS MOYENNES		HAUT. MOYENNES DU MOIS		DATES		HAUTEURS MOYENNES		HAUT. MOYENNES DU MOIS	
mois.	jours.	en pics.	en mètres.	en pics.	en mètres.	mois.	jours.	en pics.	en mètres.	en pics.	en mètres.
		p. k.	m.	p. k.	m.			p. k.	m.	p. k.	m.
	6	6,10	3,46				6	4,13	2,45		
	12	6, 4	3,33				12	5,14	3,01		
Janvier.	18	5,21	3,17	6, 1	3,26	Juillet.	18	6,21	3,71	6,14	3,55
	24	5,16	3,06				24	8,15	4,66		
	30	5,10	2,92				30	10,17	5,78		
	6	5, 4	2,79				6	12,13	6,77		
	12	4,21	2,63				12	14, 4	7,65		
Février.	18	4,14	2,47	4,18	2,56	Août .	18	15, 4	8,19	14, 3	7,63
	24	4, 8	2,34				24	15,12	8,37		
	28	4, 6	2,29				30	15,22	8,59		
	6	4, 0	2,16				6	16, 3	8,71		
	12	3,19	2,05				12	16, 4	8,73		
Mars. .	18	3,13	1,91	3,16	1,98	Sept. .	18	15,23	8,61	15,22	8,59
	24	3, 7	1.78				24	15,18	8,50		
	30	3, 0	1,62				30	15, 6	8,23		
	6	2,18	1,48				6	14,10	7,78		
	12	2,12	1,35				12	13,16	7,38		
Avril. .	18	2, 9	1,28	2.12	1,35	Octobre	18	12,19	6,91	13, 6	7,15
	24	2, 7	1,24				24	12, 2	6,52		
	30	2, 1	1,10				30	11, 6	6,07		
	6	2, 0	1,08				6	10, 9	5,60		
	12	1,21	1,01				12	9,18	5,26		
Mai . .	18	1,20	0,99	1,21	1,01	Nov. .	18	9, 4	4,95	9,13	5,15
	24	1,18	0,94				24	8,16	4,68		
	30	1,16	0,90				30	8, 5	4,43		
	6	1,23	1,05				6	7,20	4,23		
	12	2, 3	1,15				12	7,13	4,07		
Juin . .	18	2,12	1,35	2,11	1,33	Déc. .	18	7, 6	3,91	7, 9	3,98
	24	2,22	1,57				24	6,22	3,73		
	30	3,18	2,02				30	6,15	3,58		
Moyenne de l'année.										7, 8	3,96

Pour la durée comprise entre l'année 1869, date depuis laquelle sont conservées les observations du nilomètre d'Assouan, jusqu'en 1901, le plus bas étiage connu s'est produit les 15 et 16 mai 1900, avec la cote 0,10 m. au-dessous du zéro de l'échelle (— 0 p. 4 k.) ; et les plus hautes eaux connues ont été enregistrées le 1er octobre 1878 avec la cote 9,99 m. (18 p. 12 k.). C'est une différence de hauteur de 10,09 m. entre les niveaux extrêmes du Nil à Assouan.

Il y a d'ailleurs, d'une année à l'autre, des variations très sensibles entre

les niveaux soit des basses eaux, soit des crues. Entre l'étiage de 1900 et celui de 1879, le plus haut connu, la différence est de 2,81 m.; il est vrai que l'étiage de 1879 a été tout à fait exceptionnel puisqu'il ne s'est produit qu'une fois en trente ans (1871 à 1900) et que l'étiage qui s'en rapproche le plus, celui de 1880, lui a été encore inférieur de 1,06 m. Pour les hautes eaux, entre la cote maxima de 1877, la plus basse connue, et celle de 1878, la différence est de 2,74 m. L'étiage oscille ainsi entre 0,92 au-dessous et 1,89 m. au-dessus de l'étiage moyen; la crue, entre 0,94 m. au-dessus et 1,80 m. au-dessous de la crue moyenne.

La figure 3 représente la courbe moyenne des 17 années 1871 à 1887, ainsi que les courbes des deux années de plus forte crue, 1874-75 et 1878-79 et des deux années de plus faible crue 1877-78 et 1899-1900.

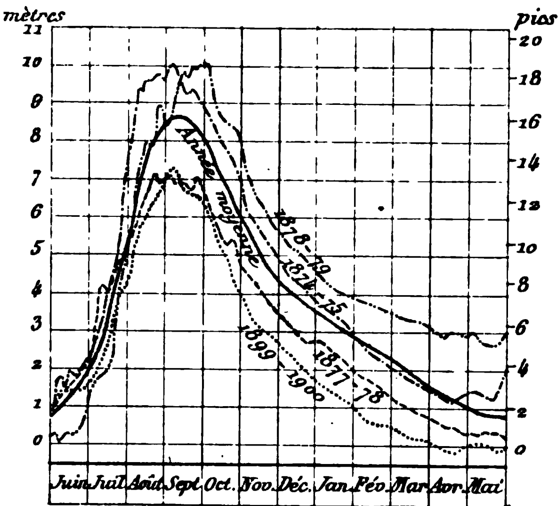


Fig. 3. — Courbes des hauteurs du Nil à l'échelle d'Assouan.

En général un étiage faible succède à une crue faible; ainsi, pour les trente années 1871 à 1900, toute crue qui ne s'est pas élevée à plus de 0,05 m. au-dessous de la moyenne a été suivie d'un étiage au plus égal à la moyenne. Mais il n'arrive pas toujours qu'un étiage fort succède à une crue forte; ainsi les étiages qui ont suivi les deux fortes crues de 1874 et de 1884 ont été au-dessous de la moyenne; toutefois l'étiage le plus élevé, celui de 1879, a suivi la plus forte crue, celle de 1878.

Dans l'intervalle compris entre 1871 et 1900, il y a eu :

6 années pendant lesquelles l'étiage n'a pas différé de l'étiage moyen de plus de 0,05 m. en plus ou en moins,

10 années pendant lesquelles l'étiage a été supérieur à la moyenne de plus de 0,05 m.,

14 années pendant lesquelles il a été inférieur à la moyenne de plus de 0,05 m.

Pendant la même période il y a eu :

2 années pendant lesquelles la hauteur de la crue n'a pas différé de la crue moyenne de plus de 0,05 m. en plus ou en moins,

13 années pendant lesquelles elle a été inférieure à la moyenne de plus de 0,05 m.,

15 années pendant lesquelles elle a été supérieure à la moyenne de plus de 0,05 m.

D'une manière générale, si l'on considère seulement la hauteur d'une crue sans tenir compte de son degré d'avance ou de retard ni de la durée pendant laquelle elle se maintient à un niveau élevé, on peut classer les crues de la façon suivante par rapport au bénéfice qu'en retire l'agriculture égyptienne :

Une crue qui ne dépasse pas la cote de 8,10 m. (15 p.) à l'échelle d'Assouan est mauvaise ; entre 8,10 m. (15 p.) et 8,65 (16 p.) elle est médiocre ; entre 8,65 (16 p.) et 9,20 m. (17 p.) elle est bonne ; au-dessus de 9,70 m. (18 p.) elle est trop forte et dangereuse.

Dans cet ordre d'idées, on relève, dans la période 1871-1900 :

3 crues mauvaises.
3 — médiocres.
10 — bonnes.
11 — fortes.
3 — dangereuses.

L'intérêt de cette classification a beaucoup diminué dans ces dernières années par suite des perfectionnements apportés aux ouvrages d'irrigation ; elle n'en est cependant pas moins utile à connaître et elle sert encore de base aux ingénieurs dans l'application des mesures à prendre soit pour assurer une meilleure répartition des eaux pendant les crues faibles, soit pour éviter la rupture de digues dans les bassins d'inondation ou le long du Nil pendant les crues fortes.

Avant de quitter ce sujet, il convient de signaler un phénomène qui se produit rarement, mais qui a été cependant plusieurs fois constaté. Il a été dit plus haut que le Nil ne présente pas de crues accidentelles en dehors de sa crue normale annuelle. Une exception à cette règle générale a cependant été relevée en novembre 1896. Le Nil resta stationnaire du 17 au 21, le 22 il commença à s'élever et il monta de 0,72 m. en sept jours au lieu de baisser de 0,50 comme dans une année normale. Il diminua ensuite régulièrement.

Plusieurs cas analogues sont relatés dans les chroniques arabes [1]. Ainsi le 10 mai 1809, le Nil monta de 0,81 pour redescendre ensuite. En mai 1812 il s'éleva d'une coudée (0,54 m.) en une nuit et continua à croître pendant vingt jours pour s'abaisser ensuite. Même phénomène anormal en 1434.

Ce sont là du reste des cas très exceptionnels dont il y a à peine lieu de se préoccuper dans la pratique.

[1] Rapport d'irrigation de 1896 du major Brown, Inspecteur général des irrigations. — Chroniques du Cheikh Abdel Rahman Djebani.

EN ÉGYPTE

m

1kil

Branche de Rosette

	Barrage	Katatbeh	Chebrekit	La mer
Distances du Caire		46	153	235
Crue de 1887		14,07	16,30	
Terrain cultivé		12,50	14,30	
Etiage moyen		7,00	0,50	
Lit moyen		6,00	-1	

0,00

15m,50

...ue du ...rrage (7m,80)

	Le Caire	Barrage	Benha	Zifta	Mansourah	La mer
Dist...	950	975	1028	1063	1117	12,10
Dista...	25	0	53	88	142	235
	20,63	18,37	14,54	12,00	7,66	
	18,00	16,50	12,80	9,00	6,00	
	12,25	10,00	9,00	3,30	1,50	
	10,00	10,00	5,00	3,00	1,00	

Ch. Béranger, Edi Ed. Oberlin, Gr.

LE RÉGIME DU NIL EN AVAL D'ASSOUAN

Depuis les rapides d'Assouan jusqu'à la mer, le lit majeur du Nil est limité exactement soit par des berges élevées, soit par des digues dont la crête dépasse le niveau des plus hautes crues, mais aucun ouvrage longitudinal ne détermine le lit mineur et n'agit sur l'écoulement des basses eaux. Toutefois trois barrages modifient le régime naturel des eaux d'étiage et des eaux moyennes ; ce sont :

Le barrage d'Assiout (km. 423).
Le barrage du Delta (km. 0).
Le barrage de Zifta (km. 88 de la branche de Damiette).

Ces ouvrages ont pour but de créer des retenues artificielles et de détourner une partie du débit du Nil dans les canaux d'irrigation; et même, le barrage du Delta, dans certaines circonstances, fait refluer vers les canaux du Delta toute l'eau disponible dans le lit du Nil, de sorte que, à ces moments-là, les branches de Damiette et de Rosette ne sont plus alimentées que par les infiltrations provenant de la nappe souterraine de la vallée ou par les eaux de drainage des terres irriguées et des canaux.

Les trois barrages, étant ouverts en grand pendant les hautes eaux, n'interviennent pas dans le niveau des crues [1]; mais ce niveau est influencé par le remplissage et la vidange des bassins d'inondation qui couvrent à peu près toute la vallée au sud du Caire. Ces bassins sont remplis pendant la montée de la crue et sont vidés plus tard lorsque la baisse commence à se faire sentir. Il y a là une énorme masse d'eau dont l'emmagasinement atténue d'abord l'effet de la crue et qui, rejetée ensuite dans le lit du fleuve à l'époque fixée par le service des irrigations, constitue, entre les mains des ingénieurs, une puissante réserve leur permettant de retarder la décrue ou de gonfler la crue en aval au moyen de lâchures combinées suivant les besoins des terres du Delta.

Le profil en long de la planche III montre les plus grandes hauteurs observées le long du Nil pendant la crue de 1887, qui a été forte [2], et reproduit, en même temps, le tracé d'un étiage moyen. On peut y remarquer que la hauteur de la crue diminue au fur et à mesure qu'on se rapproche de la mer.

Le nilomètre de Rodah, pourvu qu'on ne prenne, en ce qui concerne l'étiage, que des observations antérieures à la mise en service du barrage du Delta, donne de bonnes indications sur ce qu'est devenu le régime du

[1] Une seule fois le barrage du Delta a été fermé, du moins en partie, toute l'année, c'est pendant la crue très faible de 1899.

[2] La cote maxima de cette crue à Assouan a été 9,65 m. (17 p. 21 k.) soit 0,64 m. plus haut que la moyenne des crues.

Nil, à un millier de kilomètres en aval d'Assouan, en raison des divers faits qui viennent d'être signalés.

Si l'on se reporte à la figure 2, page 25, qui représente les hauteurs du Nil à Assouan et au Caire en 1881, année qu'on peut considérer comme une année moyenne, on reconnaît que la courbe du Caire suit celle d'Assouan avec un certain retard et avec moins d'amplitude dans la montée totale. C'est seulement à la fin de juin que le Nil commence à croître au Caire, tandis qu'à Assouan la montée s'était fait sentir à la fin de mai. Les courbes sont à peu près parallèles jusque vers la fin d'août; mais, à cette époque, le remplissage des bassins aplatit davantage la courbe du Caire qui continue à s'élever jusque vers le 10 octobre, tandis que la courbe d'Assouan s'abaisse rapidement dès les derniers jours de septembre. Une hausse brusque de près d'un mètre se produit alors au Caire par suite de la vidange des bassins d'inondation, et la baisse se fait ensuite régulièrement jusqu'à la fin de l'année. Cette montée artificielle est loin, d'ailleurs, de se répéter chaque année avec une aussi grande netteté; son caractère varie suivant les conditions dans lesquelles on règle l'écoulement des bassins.

En général, c'est vers la fin de juin que se produit le minimum au Caire et vers le milieu d'octobre qu'on y constate le maximum; nous avons vu qu'à Assouan le minimum a lieu au commencement de juin et le maximum au commencement de septembre.

Si l'on considère la moyenne des quarante années comprises de 1840 à 1879[1], on trouve que le niveau maximum des crues, au nilomètre de Rodah, est à la cote d'altitude 19,71 m. (23 p. 9 k.) et la moyenne des étiages à la cote 12,60 m. (7 p. 0 k.), ce qui donne pour la moyenne des crues une montée totale de 7, 11 m., tandis qu'à Assouan elle est de 8, 20 m.

La plus haute crue connue ayant eu lieu en 1874 et s'étant élevée à la cote 21,40 m. (26 p. 12 k.), tandis que le plus bas étiage observé, celui de 1849, est descendu à la cote 11,77 m. (5 p. 11 k.), il en résulte que l'écart maximum des eaux au Caire, avant l'établissement du barrage du Delta, était de 9,63 m., tandis qu'à Assouan cet écart est de 10,09 m.

Les étiages variaient alors au Caire de la cote 14, 21 m. (10 p. 0 k.), en 1879, à la cote 11, 77 m. (5 p. 11 k.), en 1849, soit sur une hauteur de 2, 44 m. Quant aux crues, en tenant compte de la plus basse connue, celle de 1899 qui s'est arrêtée à l'altitude 17,57 m. (16 p. 20 k.) et la comparant à la crue de 1874 qui a atteint la cote 21,40 m. (26 p. 12 k.), on voit qu'elles peuvent osciller dans un intervalle de 3, 83 m.

On considère généralement que, dans son allure générale, une crue qui

[1] Le barrage du Delta n'ayant été mis en service que quelques années après 1879, le niveau de l'étiage pendant ces quarante années ne se trouve pas influencé par la retenue de cet ouvrage.

s'élève au nilomètre de Rodah au-dessus de la cote 20,50 m. (24 p. 20 k.) est dangereuse pour le Delta ; qu'elle est forte entre 20,50 m. (24 p. 20 k.) et 20 mètres (24 p.) ; bonne entre 20,00 m. (24 p) et 19,00 m. (22 p.) ; faible, entre 19,00 m. (22 p.) et 18,50 (20 p. 6 k.) ; mauvaise au-dessous de 18,50 m. (20 p. 6 k.). Pendant les quarante années, 1840 à 1889, il y a eu, d'après cette classification, 5 crues dangereuses, 10 crues fortes, 15 bonnes, 7 faibles, 3 mauvaises.

La crue qu'on regarde comme la plus favorable pour le Delta est celle qui monte quelques jours au-dessus de la cote 19,80 m. (23 p. 12 k.) au nilomètre de Rodah.

DÉBIT DU NIL

La table établie par M. Willcocks[1] et donnant les débits du Nil pour des hauteurs variant à Assouan de dix en dix centimètres, nous a servi à calculer les débits mensuels moyens pour les deux années de plus faible crue 1877-78 et 1899-1900, pour les deux années de plus forte crue 1878-79 et 1874-75 et pour la moyenne des années 1871 à 1887.

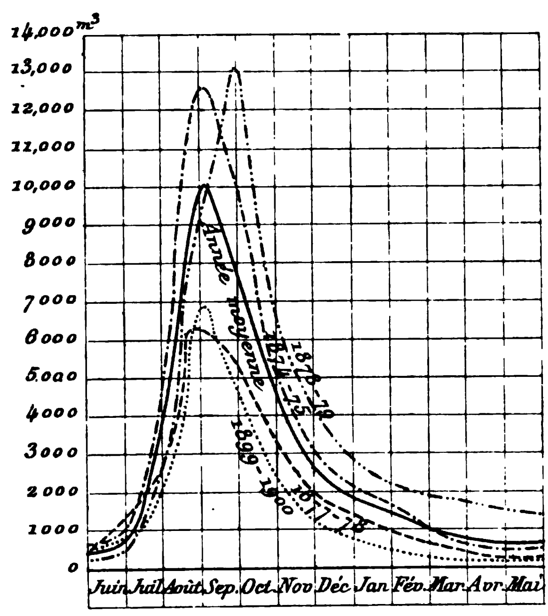


Fig. 4. — Courbes des débits du Nil en mètres cubes par seconde à Assouan.

Les résultats sont indiqués dans les tableaux ci-joints et dans les figures 4 et 5.

Dans l'année moyenne, le débit le plus faible est au mois de mai, 480 mètres cubes par seconde, il est très peu plus élevé en juin, augmente en juillet, est maximum en septembre, 9 170 mètres cubes par seconde ; il est très supérieur à tous les autres mois de l'année en août, septembre et octobre et décroît ensuite progressivement, rapidement d'abord jusqu'à la fin de novembre et plus lentement ensuite.

Le débit minimum de l'année moyenne a lieu le 4 juin ; il est de 410 mètres cubes par seconde et le débit maximum a lieu le 6 septembre et

[1] Pour les débits déduits de l'observation des vitesses de surface, M. Willcocks a employé la formule de Harlacher avec la constante 0,85 ; pour les débits déduits de la pente, la formule de Manning avec la constante 40. (Rapport de 1894 sur l'irrigation pérenne.)

Hauteurs et débits des crues minima, maxima

MOIS	ANNÉE MINIMA 1877-1878				
	HAUTEURS MOYENNES		DÉBIT MOYEN en m³ par seconde.	DÉBIT MOYEN par jour en millions de m³.	DÉBIT TOTAL du mois. en millions de m³.
	en pics et kirats.	en mètres.			
Juin	2,22	1,57	700	60,5	1 815
Juillet	6,19	3,67	1 990	171,9	5 329
Août	11,22	6,43	5 190	448,4	13 900
Septembre	13, 0	7,02	6 120	528,8	15 864
Octobre	10,20	5,85	4 360	376,7	11 678
Novembre	7,20	4,23	2 490	215,1	6 453
Décembre	5,18	3,10	1 560	134,8	4 179
Janvier	4,14	2,47	1 160	100,2	3 106
Février	3, 1	1,64	730	63,1	1 767
Mars	2,21	1,55	690	59,6	1 848
Avril	1, 2	0,58	330	28,5	855
Mai	0,16	0,36	270	23,3	722
Moyennes et totaux	5,23	3,21	2 130	184,2	67 516
Moyennes et totaux pour les 3 mois, août, septembre et octobre	11,22	6,43	5 220	451,3	41 442

MOIS	ANNÉE MAXIMA 1874-1875				
	HAUTEURS MOYENNES		DÉBIT MOYEN en m³ par seconde.	DÉBIT MOYEN par jour en millions de m³.	DÉBIT TOTAL du mois. en millions de m³.
	en pics et kirats.	en mètres.			
Juin	2,19	1,51	680	58,7	1 761
Juillet	7, 8	3,96	2 230	192,7	5 974
Août	16, 6	8,77	9 620	831,2	25 767
Septembre	17,13	9,47	11 590	1 001,4	30 042
Octobre	14,15	7,90	7 720	667,0	20 677
Novembre	10, 4	5,49	3 820	330,0	9 900
Décembre	7,22	4,27	2 530	218,6	6 777
Janvier	6,14	3,55	1 890	163,3	5 062
Février	5, 8	2,88	1 420	122,7	3 436
Mars	3,13	1,91	860	74,3	2 303
Avril	2, 8	1,26	580	50,1	1 503
Mai	1,14	0,85	410	35,4	1 097
Moyennes et totaux	8, 0	4,32	3 610	312,1	114 299
Moyennes et totaux pour les 3 mois, août, septembre et octobre	16, 3	8,71	9 640	833,2	76 486

MOIS	ANNÉE MOYENNE DES ANNÉES 1871 A 1887				
	HAUTEURS MOYENNES		DÉBIT MOYEN en m³ par seconde.	DÉBIT MOYEN par jour en millions de m³.	DÉBIT TOTAL du mois en millions de m³
	en pics et kirats.	en mètres.			
Juin	2,11	1,33	510	44,0	1 320
Juillet	6,14	3,55	1 890	163,3	5 062
Août	14, 3	7,63	7 180	620,3	19 229
Septembre	15,22	8,59	9 170	792,3	23 769
Octobre	13, 6	7,15	6 310	545,2	16 901
Novembre	9,13	5,15	3 410	294,6	8 838
Décembre	7, 9	3,98	2 250	194,4	6 026
Janvier	6, 1	3,26	1 660	143,4	4 445

[1] Pour ces faibles hauteurs, la table de M. Willcocks donne des chiffres trop bas ou les indications du nilomètre d'Assouan ne rage du Delta a été de 220 mètres cubes par seconde.

et moyennes de 17 années à Assouan.

MOIS	ANNÉE MINIMA 1899-1900				
	HAUTEURS MOYENNES		DÉBIT MOYEN en m³ par seconde.	DÉBIT MOYEN par jour en millions de m³.	DÉBIT TOTAL du mois en millions de m³.
	en pics et kirats.	en mètres.			
uin	2, 7	1,24	570	49,2	1 476
uillet	5, 4	2,79	1 350	116,6	3 615
\oût	11,10	6,16	4 830	417,3	12 936
Septembre	12,23	6,99	6 070	524,4	15 732
)ctobre	9, 9	5,06	3 320	286,8	8 891
Novembre	5,21	3,17	1 600	138,2	4 146
)écembre	4, 4	2,25	1 030	89,0	2 759
anvier	2,10	1,30	590	51,0	1 581
'évrier	1, 8	0,72	370	32,0	896
lars	0,13	0,29	250	21,6	670
ıvril	— 0, 1	— 0,02	180 [1]	15,5	465
lai	— 0, 1	— 0,02	180 [1]	15,5	480
Moyennes et totaux	4,15	2,49	1 700	146,4	53 647
Moyennes et totaux pour les 3 mois, août, septembre et octobre	11, 6	6,07	4 740	409,5	37 559

MOIS	ANNÉE MAXIMA 1878-1879				
	HAUTEURS MOYENNES		DÉBIT MOYEN en m³ par seconde.	DÉBIT MOYEN par jour en millions de m³.	DÉBIT TOTAL du mois en millions de m.
	en pics et kirats.	en mètres.			
uin	0,15	0,34	260	22,5	675
uillet	5,11	2,95	1 470	127,0	3 937
,oût	14, 1	7,58	7 080	611,7	18 963
eptembre	17,11	9,43	11 470	991,0	29 730
)ctobre	16,11	8,89	9 920	857,1	26 570
[ovembre	11,22	6,43	5 230	451,9	13 557
)écembre	9, 9	5,06	3 320	286,8	8 891
anvier	7,20	4,23	2 490	215,1	6 668
évrier	6,23	3,75	2 060	178,0	4 984
[ars	6, 9	3,44	1 800	155,5	4 820
vril	5,19	3,13	1 570	135,6	4 068
lai	5, 7	2,86	1 400	121,0	3 751
Moyennes et totaux	8,23	4,84	4 000	346,1	126 614
Moyennes et totaux pour les 3 mois, août, septembre et octobre	16, 0	8,63	9 490	819,9	75 263

MOIS	ANNÉE MOYENNE DES ANNÉES 1871 A 1887 (*suite*).				
	HAUTEURS MOYENNES		DÉBIT MOYEN en m³ par seconde.	DÉBIT MOYEN par jour en millions de m³.	DÉBIT TOTAL du mois en millions de m³.
	en pics et kirats.	en mètres.			
évrier	4,18	2,56	1 210	104,5	2 926
ars	3,16	1,98	900	77,8	2 412
vril	2,12	1,35	610	52,7	1 581
ai	1,21	1,01	480	41,5	1 286
Moyennes et totaux	7, 8	3,96	2 965	256,2	93 795
Moyennes et totaux pour les 3 mois, août, septembre et octobre	14,14	7,79	7 550	652,6	59 899

sont pas très exactes à cause des bancs de sable qui coupent le fleuve. Cette année-là, en effet, le débit minimum constaté au bar-

est de 10 300 mètres cubes par seconde. Le débit total de l'année est de 94 000 millions de mètres cubes; sur ce volume 60 000 millions de mètres cubes, c'est-à-dire près des deux tiers du débit total annuel, s'écoulent pendant les trois mois d'août, septembre et octobre.

L'année 1877-78 qui est l'année de la plus faible crue en hauteur a donné un débit total de 67 500 millions de mètres cubes avec 41 400 millions pour les trois mois d'août, septembre et octobre. Mais l'année du plus faible débit est celle de 1899-1900, qui cependant a eu une crue un peu plus haute à Assouan que celle de 1877 ; le débit total de l'année a été de 53 600 millions de mètres cubes avec 37 500 millions pour les trois mois d'août, septembre et octobre. Au moment du maximum de la crue, le Nil donnait 6 450 mètres cubes par seconde, le 20 août 1877, et 6 940 mètres cubes par seconde le 4 septembre 1899.

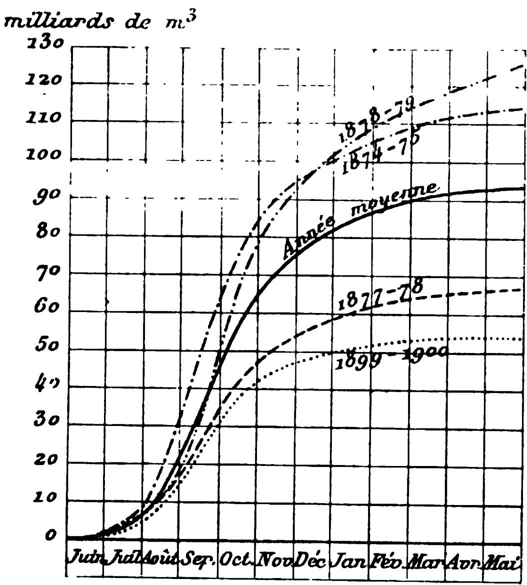


Fig. 5. — Courbes des débits cumulés du Nil à Assouan.

L'année 1878-79, qui a eu la plus grande hauteur de crue, a eu un débit total de 126 600 millions de mètres cubes avec 75 300 millions pour les trois mois d'août, septembre et octobre; mais le débit le plus fort pour ces trois mois s'est produit en 1874, année où il s'est élevé à 76 500 millions de mètres cubes pour un débit total annuel de 114 000 millions de mètres cubes. Le plus fort débit connu est celui du 1er octobre 1878, jour où le Nil écoulait 13 500 mètres cubes par seconde; celui qui s'en rapproche le plus est de 12 700 mètres cubes par seconde, le 6 septembre 1874.

D'autre part, le plus faible débit d'étiage connu a eu lieu les 15 et 16 mai 1900. Ces jours-là, d'après les formules de M. Willcocks, il ne passait à Assouan que 170 mètres cubes par seconde. Mais soit que, pour des cotes aussi basses, ces formules donnent de trop faibles débits ou que les indications du nilomètre d'Assouan ne soient plus aussi exactes à cause des dénivellations qui se produisent entre les bancs de sable, ce volume de 170 mètres cubes est évidemment trop faible puisque la même année le plus faible débit du Nil au barrage du Delta, mesuré avec précision, a été de 220 mètres cubes par seconde. Dans l'année 1879, qui est celle du plus fort étiage, le débit du Nil n'est pas descendu au-dessous de 1310 mètres cubes par seconde.

On voit par ces quelques chiffres entre quelles limites peut osciller d'une année à l'autre la quantité d'eau apportée par le Nil en Égypte. Le débit des trois mois de crue peut varier du simple au double, le débit du maximum de la crue et le débit d'étiage dans la proportion de 1 à 6. Aussi, malgré la régularité proverbiale du régime du Nil, c'est un redoutable problème pour les ingénieurs, dans un pays qui ne vit que par les eaux du fleuve et dont les besoins sont loin d'être disproportionnés à de certains moments avec le volume de ces eaux, que d'en régler la distribution sur tout le territoire et d'assurer, par des mesures tantôt prudentes, tantôt énergiques, la bonne venue des récoltes.

Les débits du Nil se modifient naturellement, au fur et à mesure qu'on s'éloigne d'Assouan, en raison de l'alimentation des canaux d'irrigation, du remplissage et de la vidange des bassins d'inondation, de l'évaporation et des infiltrations.

Ainsi le débit minimum moyen, qui est de 410 mètres cubes par seconde à Assouan, tombe, au Caire, à 380 mètres cubes et ce minimum s'y produit en moyenne le 15 juin. Le débit maximum y a lieu en moyenne le 1er octobre et est égal à 7 600 mètres cubes par seconde[1].

C'est vers le 15 août qu'on ouvre les canaux de remplissage des bassins d'inondation qui bordent le Nil entre Assouan et le Caire. Comme ces canaux prennent ensemble 2 000 mètres cubes par seconde dans une crue ordinaire et 3 600 mètres cubes dans une forte crue, et qu'en même temps les canaux d'irrigation, l'évaporation et les infiltrations agissent aussi pour réduire le débit du Nil, il arrive qu'il passe au Caire, du 15 août au 1er octobre, en moyenne, 2 400 mètres cubes par seconde de moins qu'à Assouan. Mais, d'autre part, comme les canaux d'alimentation des bassins d'inondation sont fermés au mois d'octobre et qu'on commence à cette époque à ouvrir les canaux de décharge de ces bassins, le Nil débite au Caire, pendant le mois d'octobre, 900 mètres cubes par seconde et pendant le mois de novembre 500 mètres cubes par seconde de plus qu'à Assouan.

Le débit maximum de la crue au Caire varie entre 12 000 et 4 800 mètres cubes, le débit minimum d'étiage entre 1 300 et 220 mètres cubes par seconde.

Au nord du Caire se trouvent les prises des canaux d'irrigation du Delta; ils débitent, en temps de crue, 1 200 mètres cubes par seconde. La portée maxima d'une crue moyenne au Caire étant de 7 600 mètres cubes, c'est donc 6 400 mètres cubes par seconde qui vont se perdre dans la mer par les branches de Rosette et de Damiette ; la première prend 4 100 mètres cubes et la seconde 2 300 mètres cubes. Durant des crues extraordinaires,

[1] Les chiffres relatifs au débit du Nil au Caire sont extraits du rapport de M. Willcocks sur l'irrigation pérenne (1894).

la branche de Damiette a débité 4 300 mètres cubes par seconde et la branche de Rosette jusqu'à 7 000.

D'après tous ces chiffres, on peut constater que le débit du Nil est relativement faible en Égypte par rapport à l'immense étendue de son bassin de réception. Si on le compare à un fleuve des régions tempérées, au Rhône, par exemple, on trouve que ce dernier cours d'eau, à Beaucaire, débite en étiage 400 mètres cubes par seconde, chiffre à peu près égal au débit d'un étiage moyen du Nil et que, pendant les hautes eaux, il débite 13 900 mètres cubes par seconde, chiffre un peu supérieur à celui des plus fortes crues du Nil.

COMPOSITION DES EAUX ET DU LIMON DU NIL

La couleur de l'eau du Nil est en général légèrement jaunâtre, mais elle se modifie considérablement à l'approche de la crue et pendant la période des hautes eaux. Au mois de juin, au moment où il ne monte encore que très lentement, le fleuve prend une teinte verdâtre, parfois très prononcée, que lui communiquent les détritus végétaux entraînés des vastes marais équatoriaux par le premier flux de la crue ; la période des *eaux vertes* dure de huit à quinze jours ; l'eau a alors une odeur désagréable et n'est pas potable. Ensuite apparaissent les *eaux rouges* qui sont chargées d'une quantité considérable de limon charrié des plateaux de l'Abyssinie par les courants rapides du Nil Bleu et surtout de l'Atbara ; ces eaux arrivent à Assouan vers le 15 juillet et au Caire vers le 25 juillet ; elles atteignent leur plus haut degré de coloration dans le mois d'août ; ce sont celles qui, de toute antiquité, ont été considérées comme les plus fertilisantes. Elles sont plus ou moins chargées de matières en suspension selon que les affluents venant de l'Abyssinie ont plus ou moins donné et certaines crues sont appelées *crues blanches* en raison de la petite quantité de limon rouge qu'elles contiennent. Vers la fin d'octobre, le Nil reprend sa couleur ordinaire.

L'étude la plus complète qui existe jusqu'à ce jour sur la nature chimique des eaux et du limon du Nil a été faite par le docteur H. Letheby, professeur de chimie au collège de London Hospital, à l'occasion des projets d'irrigation que l'ingénieur anglais sir John Fowler avait dressés en 1875 et 1876 à la demande du Khédive Ismail. Les analyses de ce chimiste portent sur des échantillons prélevés dans le Nil, auprès du Caire, chaque mois de juin 1874 à mai 1875 ; l'année 1874 fut une année de crue exceptionnellement forte.

D'après ces expériences, la quantité d'ammoniaque provenant des substances salines et organiques dissoutes varie entre 0,114 gr. et 0,270 gr.

par litre et est en moyenne de 0,176 gr.[1]. Quant aux autres matières en dissolution, le tableau ci-dessous en indique les quantités et présente en regard, pour servir de terme de comparaison, les proportions moyennes de substances dissoutes dans l'eau de Seine en amont du confluent de ce fleuve avec la Marne. Les chiffres sont donnés en grammes par litre d'eau.

	Eau du Nil.	Eau de Seine.
Chaux	0,0424 gr.	0,0922 gr.
Magnésie	0,0100	0,0060
Soude	0,0062	0,0087
Potasse	0,0144	
Chlore	0,0067	0,0043
Acide sulfurique	0,0216	0,0108
Silice	0,0097	0,0078
Matières organiques	0,0175	0,0130
Acide carbonique et pertes	0,0403	0,0676
Totaux	0,1690 gr.[2]	0,2108 gr.

Pendant l'année 1874-75, la quantité de matières dissoutes a varié entre des limites assez restreintes, soit de 0,136 gr. à 0,205 gr. ; elle a atteint son maximum absolu au moment des basses eaux, par suite d'une augmentation dans la proportion de chaux, de soude, de chlore, d'acide sulfurique et de matières organiques. Un autre maximum s'est produit pendant les hautes eaux, par suite d'une augmentation dans les quantités de potasse, de silice, de matières organiques et d'acide carbonique. Les expériences n'ayant porté que sur une année on ne peut en conclure que ce soit là une loi générale.

Pendant le cours de la même année, les poids de matières en suspension, par litre d'eau, ont été les suivants :

	MINIMUM —	MAXIMUM —	MOYENNE des 12 mois.
Matières organiques	0,0051 gr.	0,1841 gr.	0,0413 gr.
Matières minérales	0,0383	1,3074	0,2713
Totaux	0,0383 gr.	1,4915 gr.[3]	0,3126 gr.

[1] Cette proportion est peu différente de celle qu'on constate dans les diverses rivières d'Europe ; ainsi l'eau de la Seine, en amont de Bercy, contient 0,060 gr. d'ammoniaque ; la Tamise, à Hampton, point où se trouve la prise d'eau pour l'alimentation de Londres, en renferme 0,085 gr. à 0,157 gr. Dupuit indique 0,150 gr. par litre comme la proportion maxima d'ammoniaque qui doit être contenue dans les eaux potables.

[2] Le poids total des matières dissoutes dans l'eau du Nil diffère peu des constatations faites pour les principales rivières de France ; on admet, en effet, généralement comme poids par litre les chiffres suivants :

Pour la Loire	0,135 gr.
Pour la Garonne	0,137 gr.
Pour le Rhône	0,184 gr.

[3] Pendant l'année 1833 la Durance dont les limonages et les colmatages jouissent d'une notoriété si méritée a eu ses eaux chargées de limon à raison d'une moyenne de 1,454 kgr. par mètre cube, chiffre presque égal au maximum constaté pour le Nil.

Les époques du minimum ayant été à peu près les mêmes pour les substances organiques et pour les substances minérales, la proportion de matières organiques qui entre dans la composition du sédiment n'est donc jamais très considérable.

Une série d'autres expériences sur les matières en suspension dans l'eau du Nil a été faite pour chaque mois des années 1896, 1897 et 1898 par le Dr Mackensie, directeur de l'École d'agriculture du Caire, sur des échantillons prélevés auprès du Caire, et a donné les résultats moyens indiqués au tableau ci-dessous.

Les chiffres trouvés par le Dr Letheby pour 1874 diffèrent très notablement de ceux du Dr Mackensie ; mais on peut admettre que la moyenne des quatre années représente assez exactement la quantité de matières en suspension ; cette moyenne est inscrite dans la dernière colonne du tableau en grammes par litre d'eau.

MOIS	ANNÉES 1896-97-98 (Dr Mackensie).	ANNÉE 1874-1875 (Dr Letheby).	MOYENNE des 4 années.
	grammes.	grammes.	grammes.
Janvier	0,310	0,167	0,274
Février	0,253	0,126	0,221
Mars	0,127	0,053	0,109
Avril	0,158	0,066	0,135
Mai	0,147	0,048	0,122
Juin	0,141	0,069	0,123
Juillet	0,139	0,178	0,148
Août	1,590	1,492	1,566
Septembre	1,561	0,533	1,304
Octobre,	1,110	0,378	0,928
Novembre	0,708	0,344	0,617
Décembre	0,470	0,289	0,424
Moyenne	0,560	0,313	0,498

Si on applique les chiffres de la dernière colonne de ce tableau aux volumes d'eau débités mensuellement à Assouan dans une année moyenne, on trouve que la quantité totale des matières en suspension transportées par le Nil est la suivante :

	Millions de tonnes.
Janvier	1,22
Février	0,65
Mars	0,26
Avril	0,21
Mai	0,16
Juin	0,16
Juillet	0,75
A reporter	3,41

	Millions de tonnes.
Report. . .	3,41
Août	30.11
Septembre	30,99
Octobre	15,68
Novembre	5,45
Décembre	2,55
Total pour l'année	88,19

68 p. 100 de ce total de 88 200 000 tonnes de sédiment est entraîné par le Nil à travers l'Égypte pendant les deux mois d'août et de septembre, et les eaux sont très peu chargés pendant les mois de mars, avril, mai et juin. Dans les années de fortes crues, le chiffre total de matières solides passant à Assouan dépasse 100 000 000 de tonnes[1].

D'après le Dr Letheby, la composition moyenne du limon du Nil est la suivante :

	PENDANT LA CRUE	PENDANT L'ÉTIAGE
Matières organiques	15,02	10,37
Acide phosphorique	1.78	0,57
Chaux	2,06	3,18
Magnésie	1,12	0,99
Potasse	1,82	1,06
Soude	0,91	0,62
Alumine et oxyde de fer	20,92	23,55
Silice	55,09	58,22
Acide carbonique et pertes	1,28	1,44
Totaux	100,00	100,00

Ainsi, il semble que c'est pendant la crue, c'est-à-dire au moment ou l'on fait le plus d'irrigations et où l'on submerge les bassins de la Haute Égypte, que le limon du Nil contient les plus grandes quantités de matières organiques, d'acide phosphorique et de potasse qui sont des agents fertilisateurs énergiques.

D'après d'autres essais faits par MM. Payen, Champion et Gastinel bey en 1872, le limon du Nil renfermerait de 0,091 à 0,130 p. 100 d'azote ; les échantillons qu'ils ont analysés ne contenaient que des traces d'acide phosphorique.

Enfin, en 1896, le Dr Mackensie a constaté que les matières organiques et nitreuses augmentent régulièrement quand le niveau du fleuve baisse, tandis que la quantité de potasse diminue.

En présence du petit nombre des analyses faites, on ne peut établir

[1] Le Rhône débite annuellement 36 000 000 de tonnes de matières en suspension; le Pô, 70 000 000; le Danube, 105 000 000; le Mississipi, 320 000 000.

de règle genérale au sujet de la variation de composition des sédiments; il semble toutefois que la crue de 1874 doive être considérée comme une crue pauvre en argile, c'est-à-dire en eaux rouges ; car la proportion ordinaire d'argile par rapport à la silice est certainement plus forte que celle qui résulte des chiffres ci-dessus.

Comme conclusion, nous classerons le limon du Nil parmi les alluvions les plus riches en matières fertilisantes, mais pauvres en éléments calcaires[1].

[1] Limon de la Durance : 36 à 45 p. 100 de matière argilo-siliceuse, 32 à 44 p. 100 de carbonate de chaux, 10 à 20 p. 100 de matières diverses renfermant surtout des substances azotées organiques et comptant en moyenne pour 0,08 p. 100 d'azote.

Limon du Rhône : 49 p. 100 de résidu insoluble, 10 p. 100 de peroxyde de fer, 32 p. 100 de carbonate de chaux. 9 à 10 p. 100 de substances diverses contenant en moyenne 0,16 p. 100 d'azote.

Tangues : 41 à 71 p. 100 de sables siliceux, 23 à 52 de carbonate de chaux, 3 p. 100 de matières organiques ; 1,50 à 7,50 p. 100 de substances diverses, parmi lesquelles de la magnésie, de l'alumine, de l'oxyde de fer, du chlore, de l'acide phosphorique, de la soude et de la potasse solubles, des sels calcaires, de l'azote, etc.

Alluvions marines de la baie du mont Saint-Michel : sable calcaire contenant 3 à 5,6 p. 100 de matières organiques dont 0,13 à 0,45 p. 100 d'azote, 32 à 40 de carbonate de chaux, 1,50 à 2,60 de phosphate de chaux.

CHAPITRE III

LE SOL DE L'ÉGYPTE

Topographie. — Pentes et niveaux du sol. — Province du Fayoum. — Nature du sol et du sous-sol d'Égypte. — Eaux souterraines.

TOPOGRAPHIE

La cataracte d'Assouan (km. 975) est formée par un vaste affleurement de syénite et de quartz diorite au travers duquel le Nil s'est creusé son lit. Au sortir de ce chaos rocheux la vallée est très étroite, présentant de distance en distance quelques lambeaux de terres cultivables séparées par des collines de grès ou des terrains désertiques élevés qui enserrent le fleuve et qui s'étendent jusqu'à 70 kilomètres d'Assouan, à Gebel Silsileh (km. 905). Là, le Nil passe entre deux collines de grès, puis la vallée limoneuse s'élargit peu à peu, bordée de chaque côté par des plateaux calcaires, contreforts de la chaîne lybique et de la chaîne arabique, qui se prolongent jusqu'au Caire et s'épanouissent ensuite pour former les limites occidentale et orientale du Delta.

Les rebords de ces deux plateaux prennent l'aspect tantôt de falaises abruptes, tantôt de rangées de collines; leurs crêtes ne s'élèvent guère à plus de 200 à 300 mètres au-dessus du niveau de la vallée et, le plus souvent, ne dépassent pas 50 à 100 mètres de hauteur. Il n'y a qu'un seul endroit où ces plateaux calcaires traversent la vallée de part en part; c'est à Gebelein, point situé à 185 kilomètres au nord d'Assouan (km. 790); là se trouvait autrefois, selon toutes probabilités, une cataracte, mais ce qu'il en reste ne présente plus aucun obstacle au cours des eaux.

Ce n'est guère qu'à une centaine de kilomètres au nord d'Assouan que commence réellement l'Égypte cultivable et régulièrement arrosée, un peu au sud d'Edfou. Jusqu'à ce point, il n'y a encore, sur les bords du Nil, que des terrains d'alluvion de peu d'importance [1], séparés en parcelles peu éten-

[1] Il faut en excepter la grande plaine de Kom Ombo, tout près du Gebel Silsileh, qui n'a pu être cultivée jusqu'à présent à cause de son niveau élevé au-dessus du fond de la vallée, mais où une société particulière entreprend en ce moment des travaux pour y effectuer de l'irrigation au moyen de pompes à vapeur sur 15 000 hectares environ.

dues par des régions incultes. Sur les 250 kilomètres suivants, c'est-à-dire jusque vers Farchout (km. 624), la vallée du Nil a une largeur moyenne de 5 kilomètres et demi ; assez variable d'ailleurs d'un point à un autre, cette largeur est de 6 kilomètres à Erment (km. 774), 8 kilomètres à Louxor (km. 755), 12 kilomètres à Kous (km. 723), 4 kilomètres à Keneh (km. 695). Dans cette partie de l'Égypte, le fleuve va heurter, dans ses détours, tantôt le plateau arabique, tantôt le plateau lybique, et laisse dans l'ensemble, sur une surface cultivable d'un peu moins de 100 000 hectares, à peu près autant de terrains sur sa rive droite que sur sa rive gauche. Les points où le Nil côtoie le plateau lybique sont au nombre de trois : Gebelein (km. 790), Gournah, en face de Louxor (km. 755), Denderah, en face de Keneh (km. 695). Sur sa rive droite, le Nil s'éloigne d'abord fort peu du plateau arabique jusque vers Gebelein et longe ensuite ce même plateau en face d'Erment (km. 774), à Kouzam (km. 638), à Gebel Tarif (km. 622).

Depuis Farchout jusqu'à Assiout (km. 423), c'est-à-dire sur 200 kilomètres de longueur de fleuve, la vallée est devenue plus large, elle a 16 kilomètres à Abou Chouchah (km. 586), 12 kilomètres à Guirgueh (km. 571), 14 kilomètres à Sohag (km. 528), et s'élargit à 16 kilomètres entre Sohag et Assiout ; en ce dernier point elle n'a plus que 10 kilomètres. Sa largeur moyenne, dans ce parcours, est de 13, 500 km. et, après la grande boucle qu'elle décrit vers l'est entre Gebelein et Farchout et dont le point culminant est Keneh, elle se développe presque en ligne droite vers le nord-ouest.

Dans cette partie de son cours, le Nil s'est définitivement éloigné du plateau lybique et se tient toujours beaucoup plus rapproché du bord oriental de la vallée qu'il côtoie sur d'assez grandes distances, notamment à Gebel Toukh (km. 560), à Gebel Haridi (km. 495), à Gebel Matmar (km. 440). Ainsi sur la surface totale d'environ 186 000 hectares de terres cultivables comprises dans cette région, il n'y a que 33 000 hectares sur la rive droite.

D'Assiout au Caire, sur 400 kilomètres de longueur de fleuve, la vallée se dirige d'une façon générale vers le nord. Jusque vers Wasta (km. 116), sa largeur varie de 10 à 20 kilomètres, elle est en moyenne de 15 kilomètres ; mais, au nord de Wasta, elle diminue et n'a plus en moyenne que 7 kilomètres [1].

Entre Assiout et Wasta, le Nil s'est tellement reporté vers les coteaux de la rive droite que, à part une étendue cultivable de 16 000 hectares située

[1] D'après le Dr Sickenberger, cette diminution de section provient de ce que la moitié des eaux du fleuve s'était ouvert une route à l'ouest, par le Fayoum, dans les mers anciennes qui couvraient le désert occidental.

juste au nord d'Assiout, il n'y a, sur cette rive, que quelques enclaves très peu importantes de cultures resserrées entre le fleuve et le désert ; toute la partie fertile de la vallée est sur la rive gauche. Au nord de Wasta, la proportion des terres cultivées sur la rive droite est à peu près le quart de la superficie totale cultivable.

Le Caire est à 950 kilomètres d'Assiout en suivant les détours du Nil et à 860 kilomètres en considérant l'axe de la vallée ; et la pointe du Delta, c'est-à-dire l'endroit où se séparent les branches de Rosette et de Damiette, est à 25 kilomètres au nord du Caire.

Le Delta, compté à partir du Caire, forme un grand triangle de 175 kilomètres de hauteur, ayant le long de la mer une base légèrement convexe de 270 kilomètres de contour entre Alexandrie à l'ouest et Port-Saïd à l'est. Les deux branches du Nil y coulent au milieu du terrain d'alluvion, loin des montagnes et des déserts ; toutefois la branche de Rosette, sur les 40 premiers kilomètres de son parcours, côtoie le désert lybique. Ces deux cours d'eau partagent ainsi le Delta en trois parties de forme générale triangulaire.

La première, qui est le Delta proprement dit, a 140 kilomètres de base le long de la mer et renferme 582 000 hectares de terres cultivables ; la seconde, à l'ouest de la branche de Rosette, a 70 kilomètres de base et contient 291 000 hectares de terrains ; la troisième, à l'est de la branche de Damiette, a une base de 60 kilomètres et une superficie cultivable de 526 000 hectares. Le Delta tout entier présente donc une surface totale de 1 400 000 hectares cultivables, à laquelle il faut ajouter 800 000 hectares environ de terrains incultes couverts par les dunes littorales, par la chaîne de lacs qui forme une ceinture entre le Delta et la mer, et enfin par la bande de terrains salés ou marécageux qui s'étend entre les lacs et les terres fertiles.

PENTES ET NIVEAUX DU SOL

La pente longitudinale de la vallée du Nil est faible, la cote du terrain étant 94 mètres au-dessus du niveau de la mer à Assouan et la longueur totale de l'Égypte, en suivant l'axe de la vallée d'Assouan à la mer, étant de 1 030 kilomètres environ. Cette pente est répartie assez régulièrement comme on peut s'en rendre compte par un coup d'œil jeté sur la planche III. Elle est en moyenne de 0, 09 m. par kilomètre dans la Haute Égypte et de 0, 10 m. dans la Basse Egypte. Le terrain, partant de la cote d'altitude 17 mètres à la pointe du Delta, s'abaisse progressivement jusqu'au niveau de la mer sur le bord des lacs septentrionaux.

La surface du sol est très plate et ne présente que des inégalités insi-

gnifiantes. Toutefois, comme partout où une rivière coule en creusant son lit au milieu de ses propres alluvions, il existe, en Égypte, d'une façon générale, une pente dans le sens perpendiculaire à la direction du fleuve, les bords du Nil formant le point culminant de la vallée. Ainsi, dans la province de Guirgueh, les terres cultivées qui sont situées auprès du fleuve sont plus élevées que celles qui s'étendent au pied de la montagne occidentale de 0, 50 m. à 0, 90 m. pour une largeur totale de la vallée de 5 à 6 kilomètres. Dans le sud de la province de Benisouef, où la vallée a de 12 à 15 kilomètres de largeur, cette dénivellation est comprise entre 0, 80 m. et 1, 20 m.

Il résulte de ce fait que tout le long de la vallée, dans la Haute Égypte, il règne une ligne de bas-fonds dans le voisinage du désert, parallèlement au Nil. Ces bas-fonds, remplis au moins une partie de l'année par le résidu des eaux d'inondation ou par des infiltrations provenant des terrains plus élevés, ont été généralement utilisés pour faciliter le remplissage ou la vidange des bassins ; ils forment aujourd'hui de longs canaux continus tels que le canal Sohagieh, dans la Haute Égypte, et le Bahr Yousef, dans la Moyenne Égypte.

Le même phénomène de dénivellation transversale du sol à partir des bords du Nil se produit aussi dans la Basse Égypte, quoique moins nettement à cause de la présence des nombreux bras qui existaient au moment de la formation du Delta et jusque dans les temps historiques et qui ne sont plus aujourd'hui que des canaux sans débordement. Ainsi, il y a une ligne de points bas entre les branches de Rosette et de Damiette et une autre ligne nettement marquée vers le milieu de la largeur de la province de Béhéra, à l'ouest de la branche de Rosette. Les pentes transversales ne dépassent guère 0,02 m. à 0,03 m. par kilomètre. A mi-distance entre le Caire et la mer, les terrains voisins de la branche de Damiette sont plus hauts de 1 mètre environ que ceux qui bordent la branche de Rosette.

Si l'on compare le niveau moyen des terres au niveau des eaux du Nil (voir pl. III) on constate que le niveau moyen de l'étiage est à 9 mètres au-dessous du sol à Assouan, et que cette différence diminue progressivement jusqu'à 7,50 m. à Assiout et 6,50 m. à Benisouef, pour n'être plus que de 3 à 4 mètres dans le milieu de la Basse Égypte. Quant aux hautes eaux, pendant les fortes crues, elles dépassent de 2 mètres à 2,50 m. le niveau moyen des terres, et de 1 mètre à 1,50 m., pendant les crues moyennes, quoique parfois les bords mêmes du Nil soient encore assez élevés pour dominer le niveau des crues moyennes. Ainsi, si le Nil n'était pas endigué tout le long de son cours, toute la vallée serait ordinairement noyée pendant les crues et, d'autre part, pendant l'étiage, les eaux d'irrigation ne peuvent être distribuées à un niveau rapproché de celui du sol que si on les élève au moyen

de machines, ou si on exhausse le fleuve par des barrages, ou si l'on reporte les prises des canaux à une grande distance en amont des terres à arroser.

PROVINCE DU FAYOUM[1]

La province du Fayoum se trouve à 80 kilomètres environ au sud du Caire, à l'ouest de la vallée du Nil dont elle est séparée par une bande de désert d'une largeur variant de 4 à 10 kilomètres. Elle est reliée au reste de l'Égypte par une gorge d'un kilomètre d'ouverture au travers de laquelle

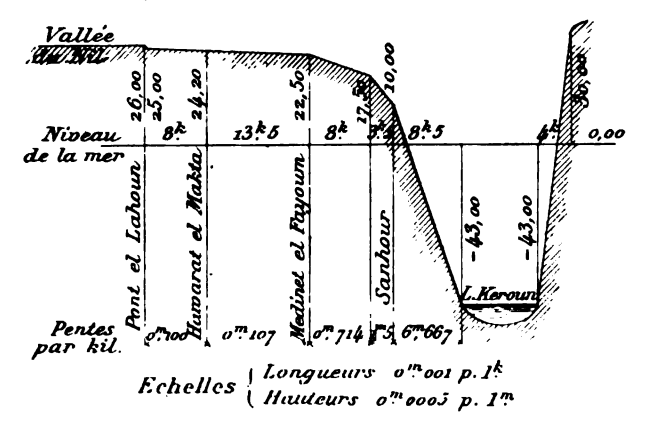


Fig. 6. — Coupe en travers du Fayoum.

passe le Bahr Yousef; ce cours d'eau qui est alimenté par le Nil, se prolonge jusqu'à Medinet-el-Fayoum, chef-lieu de la province.

Le Fayoum forme une grande cuvette ayant 50 kilomètres du nord-est au sud-ouest et 40 kilomètres du nord-ouest au sud-est, dont la partie basse est occupée par le Birket Keroun, lac de 40 kilomètres de longueur sur 10 kilomètres de largeur maxima La ville de Medinet-el-Fayoum est à peu près à moitié distance des extrémités nord et sud de la province ; en ce point le Bahr Yousef se ramifie en un grand nombre de canaux qui rayonnent en éventail.

Le lac Keroun a environ 200 kilomètres carrés de superficie et la surface cultivée de la province est de 128 500 hectares.

Depuis l'entrée du Bahr Yousef dans le Fayoum, à el Lahoun, jusqu'à Medinet-el-Fayoum, la pente du terrain est d'environ 0,10 m. par kilomètre. Sur les 8 kilomètres qui s'étendent au delà de cette ville, la pente s'accentue, elle devient égale à 0,60 m. par kilomètre ; sur les quatre kilomètres suivants elle s'élève à 1,50 m. par kilomètre et ensuite jusqu'aux bords de lac Keroun, elle devient 6,67 m. par kilomètre (fig. 6). Ces trois

[1] Voir l'ouvrage « The Fayum and lake Mœris », publié à Londres en 1892 par le major R. H. Brown, R. E. inspecteur général des irrigations de la Haute Égypte.

séries de pentes, qui sont beaucoup plus fortes que celles qui règnent dans le reste de l'Égypte, ne sont pas d'ailleurs aussi marquées lorsqu'on se rapproche des contours de la province ; mais l'inclinaison du sol est d'une façon générale dirigée vers le Birket Keroun qui est situé au fond de la dépression, qui la limite vers le nord et qui n'a aucun écoulement. Ce lac est exclusivement alimenté par les déversoirs des canaux issus du Bahr Yousef et par les eaux d'infiltration et de drainage.

Le sol qui est à l'altitude 26 mètres au-dessus du niveau de la mer à l'entrée du Fayoum, dans la vallée du Nil, est à la cote 22,50 m. à Médinet-el-Fayoum et tombe jusqu'à 43,30 m. au-dessous du niveau de la mer, sur les bords du lac Keroun.

Le Bahr Yousef étant un cours d'eau dont le débit est entièrement entre les mains des ingénieurs des irrigations, le Fayoum n'a pas à se protéger contre ses crues.

Le lac Mœris couvrait autrefois la plus grande partie de la province du Fayoum. C'était un vaste réservoir construit ou plutôt aménagé par Anemenhat III, il y a environ cinq mille ans, de façon à emmagasiner les eaux surabondantes de la crue du Nil et à les déverser pendant les mois d'étiage sur les terres de la Basse Égypte. De ce gigantesque ouvrage des temps passés, il ne reste plus que quelques vestiges de digues et la petite nappe du Birket Keroun enserrée entre le désert et les versants cultivés du Fayoum.

NATURE DU SOL ET DU SOUS-SOL DANS LA VALLÉE DU NIL

Le sol de la vallée du Nil, tant dans la Haute Égypte que dans le Delta, est constitué sur une grande épaisseur par les dépôts d'alluvions du fleuve. Au moment de l'étiage, lorsque le niveau des eaux est descendu à 7 ou 8 mètres au-dessous de la surface des terres cultivées, si l'on navigue sur le Nil en longeant la rive dans un de ces nombreux coudes où le courant ronge la berge à la base et la découpe presque verticalement, et si l'on observe la tranche de terrain ainsi découverte, on reconnaît facilement les diverses variétés dont se composent ces alluvions ; certaines couches très argileuses, fendillées par l'action du soleil, se tiennent à pic ; d'autres, plus sableuses, présentent une moindre cohésion, et, enfin, de distance en distance, des bancs de sable presque pur prennent un talus allongé ; ces sables sont intercalés en lentilles plus ou moins étendues entre les limons argileux.

Les dépôts limoneux s'étendent jusqu'à plus de 10 mètres au-dessous du fond du lit du fleuve; plus bas, on trouve des sables et des graviers, puis, plus profondément encore, des couches de terre glaise.

Vers la pointe du Delta, c'est à 20 mètres de profondeur que commencent les sables et graviers et à 25 mètres les argiles.

A Tantah, au centre de la Basse Égypte, le limon a 8 mètres de profondeur, il repose sur une couche de sable avec graviers de 13,50 m. d'épaisseur, puis vient un banc d'argile de 12 mètres de puissance supporté par des sables.

Des sondages à grandes profondeurs exécutés en 1848 par le gouvernement égyptien sur la rive droite du Nil, dans la Haute Égypte, en face d'Erment, ont montré sous les terrains d'alluvion des marnes, puis des grès et enfin des schistes.

Dans d'autres sondages entrepris à Benisouef en 1899, le calcaire est apparu à 30 mètres au-dessous du sol, surmonté d'une couche de sable plus ou moins mélangé de graviers de 22 mètres d'épaisseur et d'une hauteur de limon de 7,50 m.

A Medinet-el-Fayoum, dans des recherches faites également en 1899, la fondation rocheuse n'est apparue qu'à 131 mètres de profondeur, la couche d'alluvion du Nil ayant 6,50 m. de hauteur et reposant sur des couches de sable et de limon plus ou moins dur.

Ainsi, d'une façon générale, dans toute l'étendue de la vallée du Nil, la couche de terre végétale qui constitue le sol cultivable de l'Égypte a une épaisseur considérable; c'est une argile limoneuse dont la composition chimique présente une assez grande uniformité dans la Haute comme dans la Basse Égypte.

D'après de nombreuses analyses faites en 1872 à Paris par les soins de MM. Payen, Champion et Gastinel bey, elle contient environ :

Silice.	45 p. 100
Argile	53 —
Magnésie	0,20 à 1,60
Chaux	1,30 à 4,90
Azote.	0,03 à 0,10
Acide phosphorique	0,03 à 0,32

Il y a toutefois des terres fortes qui contiennent jusqu'à 84 p. 100 d'argile et des terres légères où le sable entre dans la proportion de 68 p. 100.

Au fur et à mesure qu'on approche de la Méditerranée, le sol contient une quantité de chlorure de sodium de plus en plus grande, qui, dans les parties basses du nord du Delta, atteint jusqu'à 4 p. 100.

D'une façon générale, la terre d'Égypte contient beaucoup de silice, d'alumine et d'oxyde de fer, peu de chaux, des quantités faibles d'acide phosphorique et de petites proportions de matières organiques ne dépassant pas 4 à 9 p. 100.

EAUX SOUTERRAINES

La vallée du Nil étant ainsi formée d'une couche profonde de terrains perméables, il règne, dans toute son étendue, une nappe d'infiltration dont le niveau est en rapport avec celui du fleuve et dont l'importance est considérable pour les parties de l'Égypte qui ne sont pas desservies régulièrement par des canaux d'irrigation. Dans ces régions, les paysans creusent des puits jusqu'aux eaux souterraines qu'ils élèvent, au moyen de norias ou de balanciers, pendant la saison sèche, jusqu'au niveau de leurs rigoles d'arrosage.

M. l'ingénieur Willcocks, dans ses rapports sur le projet du réservoir d'Assouan, évalue à 300 mètres cubes par seconde l'absorption par le sol en temps de crue entre Assouan et Assiout, région où l'on ne fait guère que de la culture par bassins d'inondation, et à 100 mètres cubes par seconde entre Assiout et le Caire, où une partie importante du territoire est cultivée par irrigation. Quel que soit le degré d'exactitude qu'on attribue à ces chiffres, il n'en résulte pas moins qu'il se constitue ainsi, pendant la crue, dans le sous-sol, une réserve d'eau considérable qui, lentement, avec une vitesse atténuée par la résistance du sol, se déverse du lit du Nil vers les bords de la vallée et s'écoule aussi d'amont en aval vers la mer.

Des observations faites dans le sous-sol de la ville du Caire pendant les trois années 1890, 1891 et 1892 ont donné les résultats suivants.

La cote moyenne d'étiage du Nil étant au Caire, en raison de la retenue du barrage du Delta, 13,65 m., vers la fin de juin, et la cote maxima d'une crue moyenne étant 19,25 m. à la fin de septembre, la nappe souterraine oscille régulièrement à la suite du mouvement des eaux du fleuve. Les cotes maxima se produisent au mois de juillet dans les puits les plus rapprochés du Nil et au mois d'août dans ceux qui en sont le plus éloignés. La nappe monte ensuite assez rapidement pour atteindre son maximum d'élévation entre le mois de novembre et le mois de janvier, suivant les localités, puis elle redescend lentement vers son minimum. La montée de la nappe souterraine est en retard d'environ deux mois sur la crue du Nil. On peut admettre que la cote maxima des eaux souterraines est en moyenne de 2,50 m. inférieure au niveau des crues et que leur cote minima est à 1,20 m. au-dessus de l'étiage du fleuve.

Quoique ces résultats ne soient pas évidemment applicables à toute l'Égypte et que certaines circonstances locales, telles que la présence de canaux importants, la plus ou moins grande perméabilité des terrains, puissent modifier considérablement les oscillations de la nappe d'infiltration, ils donnent cependant une indication précieuse sur l'allure générale du mouvement des eaux souterraines dans la vallée du Nil.

Les eaux de la nappe souterraine diffèrent notablement, par leurs éléments chimiques, des eaux mêmes du Nil. Cette particularité ressort nettement du tableau ci-après, qui indique la composition moyenne, en grammes par litre, des eaux puisées pendant l'étiage dans trois puits situés sur la rive gauche du Nil à une assez grande distance du fleuve.

		EAU DE PUITS	EAU DU NIL
Ammoniaque saline		0,000057	0,000061
Ammoniaque des substances alcalines dissoutes		0,000067	0,000110
Matières dissoutes.	Chaux	0,1656	0,0424
	Magnésie	0,0453	0,0100
	Soude	0,0820	0,0620
	Potasse	0,0037	0,0144
	Chlore	0,1360	0,0067
	Acide sulfurique	0,0593	0,0216
	Acide nitrique	0,0017	Traces.
	Silice, alumine et oxyde de fer	0,0180	0,0097
	Matières organiques	0,0060	0,0175
	Acide carbonique et perte	0,1226	0,0403
Quantité totale de matières solides après évaporation.		0,6402	0,1690

Ainsi, en s'infiltrant dans les couches inférieures du sol, l'eau s'est chargée de quatre fois plus de matières dissoutes que n'en contient le Nil lui-même ; elle a recueilli, dans son passage au travers des terres, des quantités considérables de carbonates, de sulfate de chaux et de magnésie, de chlorure de sodium. C'est là un point très important sur lequel il y aura lieu de revenir lorsque sera traitée la question du drainage des terres irriguées.

CHAPITRE IV.

PROCÉDÉS GÉNÉRAUX DE L'ARROSAGE PAR INONDATION

Culture par submersion et par irrigation. — Bassins d'inondation. — Dimensions des bassins. — Conditions d'une bonne inondation des bassins. — Durée de la submersion. — Canaux d'alimentation. — Digues des bassins. — Canaux et ouvrages de vidange. — Remarques générales. — Remplissage des bassins. — Vidange des bassins. — Effets de la submersion du sol.

CULTURE PAR SUBMERSION ET PAR IRRIGATION

Des indications météorologiques données dans un précédent chapitre[1], il résulte que le climat d'Égypte permet de faire, en toute saison, des cultures agricoles, pourvu qu'on procure au sol l'humidité nécessaire à la végétation. Cette humidité que les phénomènes atmosphériques se refusent à fournir à la terre, le fellah s'est appliqué à la lui donner dès les époques les plus reculées en utilisant à cet effet les eaux qui coulent dans le lit du Nil et celles qui s'infiltrent dans le sous-sol de la vallée.

Submerger les champs, au moment de la crue, un temps assez long pour que le terrain soit profondément pénétré et qu'il conserve assez de fraîcheur pendant toute la durée de la récolte qui sera semée aussitôt après le retrait des eaux, ce fut le procédé dont le développement grandiose a donné naissance à ces énormes bassins d'inondation que tous les historiens de l'antiquité ont vantés et qui subsistent encore sur une grande partie de l'Égypte. La méthode est simple ; elle réclame du paysan un minimum de travail et permet, au moment même où le Nil coule à pleins bords, de prélever rapidement une énorme masse d'eau, qui est employée toute ensemble au bénéfice de l'agriculture et qui n'est renvoyée à la mer, par le lit même du fleuve, qu'après avoir engraissé et fertilisé le sol de la vallée. Ce procédé, par un système bien combiné de prises d'eau, d'ouvrages régulateurs, de déversoirs et de digues peut s'appliquer à presque toute l'étendue cultivable de l'Égypte ; mais, en raison de l'époque de l'année à laquelle se produit la crue, il ne peut être pratiqué qu'en vue des récoltes

[1] Voir chap. Ier, p. 5 et suivantes.

qui s'accommodent des températures régnant en automne et en hiver, c'est-à-dire de celles qui poussent dans la zone tempérée, telles que céréales, fèves, lentilles, fourrages, etc. Ces récoltes une fois enlevées, la terre reste sèche et improductive jusqu'à la crue suivante.

Aussi, si l'on veut demander au sol des produits qui ont besoin de l'été d'Égypte pour arriver à maturité, comme le Nil est bas dans cette saison et que d'ailleurs l'ardeur du soleil annulerait trop rapidement les effets d'une inondation, c'est à l'irrigation qu'il faut recourir ; on l'obtiendra soit en amenant les eaux du Nil dans le voisinage des champs à cultiver par des canaux de dérivation, soit en creusant des puits jusqu'au niveau des eaux d'infiltration du sous-sol et en élevant ces eaux au moyen de machines élévatoires simples et rustiques.

La culture par inondation et la culture par irrigation ont été en usage de tout temps en Égypte, mais c'est surtout dans la première moitié du siècle dernier que l'irrigation a commencé à prendre un développement considérable, grâce auquel le pays a éte amené au degré de prospérité qu'on y constate aujourd'hui. La construction de grands ouvrages d'art et de nombreux canaux destinés à porter au loin l'eau du Nil en toute saison a été entreprise d'abord par Méhémet Ali, poursuivie sous le règne de ses successeurs et notamment d'Ismail pacha, poussée énergiquement par les ingénieurs anglais pendant les vingt dernières années, et elle a rendu possible la production en grand de la canne à sucre et du coton, cultures d'été qui sont la principale source de la richesse de la contrée.

L'inondation et l'irrigation sont en général pratiquées séparément, c'est-à-dire que les terres qui ont été inondées ne reçoivent pas d'arrosage après la submersion, et inversement. Cela tient à deux causes principales : d'une part, les régions destinées à l'inondation ne sont pas aménagées pour l'irrigation, les récoltes d'hiver qui poussent sur les terrains qui ont été inondés n'ayant pas besoin d'autre eau jusqu'à leur maturité ; d'autre part, les terres qui portent les récoltes d'été doivent être préservées par des endiguements contre l'inondation qui tuerait les plantes alors sur pied. Il y a cependant quelques exceptions à cette règle. Ainsi certaines terres situées dans les parties basses des bassins d'inondation se trouvent à un niveau assez rapproché de la nappe souterraine pour qu'on puisse sans trop de peine élever l'eau jusqu'au sol et la distribuer par des rigoles d'arrosage, de façon à obtenir une récolte hâtive pendant l'été avant l'arrivée de la crue ; on fait donc là de l'inondation tout de suite après l'irrigation. Dans les districts irrigués, on peut aussi faire, sur les champs qui ne sont pas en culture au moment de la crue, non pas de l'inondation à proprement parler, mais des submersions sur de faibles hauteurs et de peu de durée, à l'abri de petits épaulements protégeant les terres voisines ; ces

submersions, insuffisantes pour assurer à elles seules la bonne venue d'une récolte, doivent être complétées par des arrosages réguliers : on fait donc là de l'irrigation à la suite de la submersion.

La nature du climat et les facilités de l'arrosage donnent au sol égyptien une grande élasticité de production et ont amené naturellement le fellah à entreprendre, dans chaque région, des cultures tout le long de l'année.

Les principales de ces cultures sont les cultures d'hiver et les cultures d'été ; ce sont celles qui couvrent la plus grande surface de territoire.

Les cultures d'hiver, dites *chetoui*, se font aussitôt après les submersions ou les arrosages intensifs pratiqués pendant la crue ; on les sème en automne et on les enlève au printemps ; elles comprennent les céréales, les fourrages, les légumineuses.

Les cultures d'été sont le coton dans la Basse et la Moyenne Égypte et la canne à sucre dans la Moyenne et la Haute Égypte ; commencées à la fin de l'hiver ou dès le début du printemps, elles donnent leur récolte en automne pour le coton et en hiver pour la canne à sucre. Elles sont sur pied pendant toute la durée de l'étiage du Nil et sont exclusivement des cultures d'irrigation. On les désigne sous le nom de cultures *sefi*.

En dehors des cultures d'été et d'hiver qui forment la base fondamentale de l'assolement égyptien, il y en a une autre très importante qu'on appelle *nili* dans la Basse Égypte et *nabari* dans la Haute Égypte. Elle comporte uniquement une récolte de maïs ou de sorgho [1] (holcus sorghum) qui sert tout spécialement à la nourriture du paysan et qui ne reste sur pied qu'une centaine de jours en moyenne pour arriver à maturité. Elle se fait en été pendant la période des hautes eaux du Nil et se récolte en automne ; c'est une culture épuisante, mûrissant rapidement grâce à la chaleur de la saison. Comme elle demande beaucoup d'arrosage, on ne peut pratiquement l'entreprendre dans la Basse Égypte qu'au moment où le fleuve donne de l'eau en abondance et à un niveau élevé. En Haute Égypte, dans les parties aménagées en bassin d'inondation, on ne la fait que sur les terres les plus hautes de la vallée qui peuvent difficilement être submergées ou qu'on défend aisément contre la submersion par de petites digues.

Sur les terres les plus basses des bassins d'inondation, on fait aussi des cultures intercalaires dites *qedi* qu'on sème au printemps sur des terres ayant produit une récolte d'hiver et qu'on arrose au moyen des eaux provenant de la nappe souterraine. Ces récoltes doivent être enlevées avant l'introduction de l'eau de la crue dans les bassins. Elles se sont éten-

[1] Ces deux plantes sont vulgairement appelées en Égypte *Dourah;* le maïs est le *Dourah shami* et le millet *Dourah baladi*.

dues de plus en plus dans ces dernières années et se composent de maïs et de sorgho[1] qui sont des cultures hâtives n'occupant la terre que peu de temps.

Enfin une autre culture particulière, très répandue dans les terres basses situées au nord du Delta, est celle du riz, qui, ayant besoin de grandes quantités d'eau, a une importance considérable pour la fixation du débit des canaux d'irrigation de la Basse Égypte. On cultive deux espèces de riz : l'un, dit *sultani*, se sème lorsque l'eau de la crue commence à arriver, dans les mois de juillet et d'août et se récolte en novembre ; l'autre, dit *sabaini*, se sème à la fin du printemps et mûrit, comme le précédent, en novembre.

Ainsi, en résumé, dans les territoires où règne exclusivement la culture par irrigation, les besoins de l'agriculture auxquels l'ingénieur doit faire face sont les suivants : pendant les basses eaux, arrosage des cultures d'été ; pendant les eaux moyennes, arrosage des cultures d'hiver ; pendant les hautes eaux, arrosage des cultures *nili* et des cultures d'été et, en même temps, irrigation intensive ou submersion passagère des terres préparées pour les cultures d'hiver.

Dans les territoires affectés spécialement aux cultures par inondation, il y a lieu de pourvoir pendant la crue, en premier lieu, à la submersion prolongée et abondante des terres destinées aux cultures d'hiver et, en second lieu, à l'arrosage des cultures *nabari*.

Quant aux cultures qedi, les seules existant dans les bassins d'inondation pendant les basses eaux, les ingénieurs n'ont pas à s'en préoccuper ; ce sont les paysans qui se chargent de leur procurer l'eau d'arrosage au moyen de puits qu'ils creusent eux-mêmes jusqu'à la nappe souterraine.

D'une façon générale, il n'y a pas de bassins d'inondation dans le Delta ; toutes les cultures s'y font par irrigation.

Au sud du Caire, la plus grande partie des terres est sous le régime des bassins d'inondation, sauf des réserves, qui sont assez considérables surtout dans la Moyenne Égypte, et qui sont cultivées par irrigation[2].

BASSINS D'INONDATION

Si l'Égypte est la région classique des inondations, elle n'est pas la seule où l'agriculture ait cherché, par des submersions annuelles, à maintenir et à augmenter la fertilité de la terre. On a reconnu, dans tous les pays des zones tempérées, que la submersion, opérée régulièrement pendant la saison où le sol ne travaille pas, est un excellent moyen d'en entretenir la

[1] On cultive aussi de cette façon dans certaines régions des cucurbitacés (melons, pastèques, concombres).

[2] Par suite des travaux actuellement en cours d'exécution, les bassins d'inondation seront bientôt en grande partie supprimés dans la Moyenne Egypte.

fécondité, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à des irrigations quand les récoltes sont sur pied. Tous les ouvrages d'hydraulique agricole citent des exemples de terrains fertilisés, sans le secours d'irrigations d'été, par de simples submersions d'hiver obtenues soit avec des eaux limoneuses, soit avec des eaux claires.

En Europe, ce procédé n'est guère appliqué qu'au bord même des rivières, sur les portions des vallées que les plus hautes eaux surmontent et où elles séjournent pendant quelque temps ; le plus souvent même, on profite ainsi des crues sans avoir exécuté à l'avance des travaux d'aménagement pour recevoir et retenir les eaux sur le terrain inondé. Ce mode d'arrosage est employé surtout pour les prairies et, bien que les eaux claires soient considérées comme propres à cette opération, les agriculteurs leur préfèrent généralement les eaux limoneuses. Les limonages obtenus par des submersions naturelles ne sont du reste assujettis à aucune règle particulière, si ce n'est à la condition fondamentale que les eaux puissent se retirer d'elles-mêmes complètement et, autant que possible, avant l'époque de la végétation ; car autrement elles endommageraient les récoltes.

En Égypte où il ne saurait y avoir de culture sans le secours de l'eau du Nil, les conditions sont tout à fait différentes. Il n'est pas possible d'y laisser à l'initiative individuelle de chaque propriétaire le soin d'inonder son champ ; l'emmagasinement et la vidange des eaux exigent des travaux et des mesures d'ensemble, sans lesquels tout ne serait que désordre et confusion et dont le gouvernement doit prendre lui-même en mains la direction, sous peine de voir la plus grande partie des terres rester incultes et d'amener le pays à la famine et à la ruine. Aussi les bassins d'inondation constituent tout un système qui s'étend depuis l'extrémité sud de la Haute Égypte jusqu'à la pointe du Delta et dans lequel le régime de chaque bassin, non seulement n'est pas indépendant, mais est étroitement lié avec le fonctionnement des bassins voisins et parfois de toute une série de bassins éloignés.

Le problème, quoique simple dans ses grandes lignes, est beaucoup plus compliqué dans ses applications qu'il ne semblerait à première vue. Il faut en effet que tout l'ensemble du système soit assez élastique pour s'adapter au régime de toutes les crues, c'est-à-dire pour donner l'inondation à toutes les terres des bassins dans de bonnes conditions, quelle que soit la tenue du Nil pendant les hautes eaux, et nous avons vu que l'état du fleuve pendant la crue est très variable d'une année à l'autre.

La tradition avait bien perpétué d'âge en âge, depuis les temps les plus reculés, les procédés généraux de culture par inondation ; mais l'imprévoyance, l'incurie, le désordre familier aux gouvernements orientaux, le manque de ressources régulières affectées aux travaux publics, avaient laissé

dépérir le réseau de digues, de canaux et d'ouvrages d'art destinés au remplissage et à la vidange des bassins; aussi, dans les années défavorables, beaucoup de terres restaient incultes, tandis que, lors des fortes crues, des ruptures fréquentes de digues compromettaient l'arrosage. D'ailleurs, depuis Mehemet Ali, tous les efforts s'étaient portés vers le développement de l'irrigation et le système de l'inondation, si nécessaire à une grande partie du pays, avait été à peu près abandonné à lui-même. Ce ne fut guère qu'après la basse crue de 1888 que le colonel Ross, alors inspecteur général des irrigations, justement frappé de la grande quantité de terres qui était restée inculte par suite du défaut d'aménagement rationnel des bassins, étudia à fond la question. Il projeta alors des remaniements importants dans les canaux d'alimentation et de vidange et dans les endiguements, ainsi que la construction de toute une série d'ouvrages d'art dans le but de parer aux effets des mauvaises crues. Ces travaux ont été exécutés depuis, au moins en grande partie, et l'on peut dire qu'aujourd'hui le système des bassins d'inondation fonctionne à peu près aussi bien qu'on peut le désirer.

Quelques chiffres permettront de mesurer le chemin parcouru depuis cette époque.

Après la crue de 1877, la plus mauvaise du siècle dernier, une surface de près de 400 000 hectares resta inculte faute d'eau, et il en résulta pour le trésor une perte de 29 000 000 de francs dans le rendement des impôts. La moyenne des années suivantes jusqu'à 1887 donna près de 20 000 hectares incultes avec une perte d'impôts de 1 000 000 de francs. Dans l'année 1888, qui fut une année de faible crue, il y eut 110 000 hectares incultes et 7 800 000 francs de déficit dans le recouvrement des impôts. Or, après la crue de 1899, qui fut au moins aussi défavorable que celle de 1877, il n'y eut que 110 000 hectares de terres sans eau et 37 000 avec un arrosage insuffisant; et, dans les années qui ont précédé celle-ci, la surface de terres laissées incultes était devenue insignifiante. Pratiquement il n'y a plus maintenant de terres restant sans eau d'inondation, excepté dans les années de crue exceptionnellement basse.

Voyons d'abord quelles sont les dispositions théoriques d'un système de bassins d'inondation. Prenons, par exemple, une portion de vallée sur la rive gauche du fleuve, ayant au maximum 4 à 5 kilomètres de largeur entre le fleuve et le désert et une trentaine de kilomètres de longueur, et comprise entre deux promontoires rocheux qui la limitent à l'amont et à l'aval en se rapprochant très près du bord du Nil. La pente du sol, parallèlement au fleuve, est environ de 0,09 m. par kilomètre et le profil transversal est celui qui est indiqué sur la figure 9, c'est-à-dire incliné à partir de la rive du fleuve vers le désert.

Ce territoire sera partagé par une digue longitudinale ou digue du Nil *a b c* et par des digues transversales *d d*, *c c*, *f f*, allant de la digue *a b c* aux

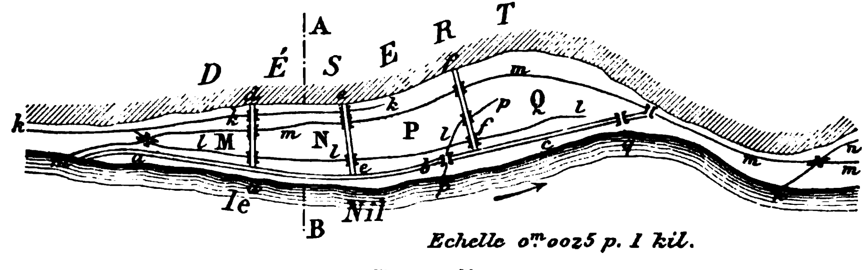


Fig. 7. — Plan.

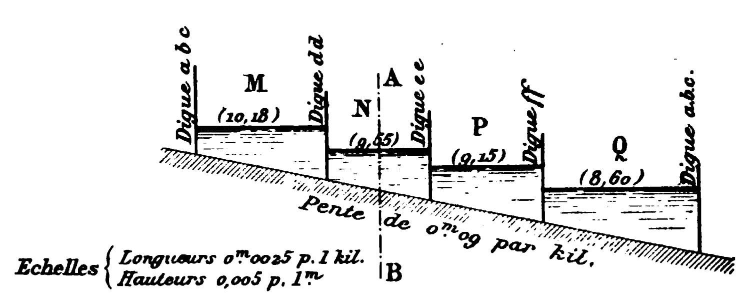


Fig. 8. — Coupe longitudinale et suivant l'axe des bassins.

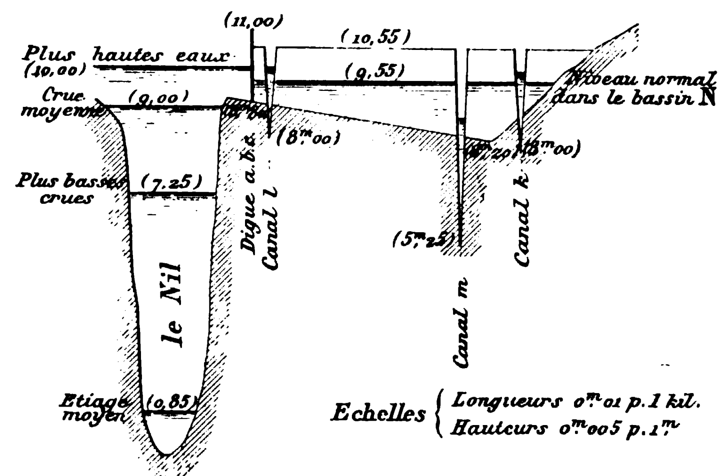


Fig. 9. — Coupe transversale suivant AB.

Fig. 7, 8, 9. — Chaine théorique de petits bassins.

pentes du désert, en quatre bassins M, N, P, Q, ayant respectivement 1 200, 1 800, 2 000 et 3 000 hectares environ. La digue du Nil, élevée de 1 mètre au-dessus des plus hautes eaux, protège la vallée contre l'invasion directe de la crue (voir fig. 7, 8 et 9).

La bande étroite qui est comprise entre la berge du fleuve et la digue *abc*, partie la plus élevée de la vallée, est cultivée en maïs ou en sorgho pendant

la période des hautes eaux et irriguée au moyen de machines élévatoires mues par l'homme ou par les animaux ; quand le niveau des eaux l'atteint ou la dépasse, on la protège autant que possible au moyen de petites digues en terre construites par le fellah.

Quant aux bassins, ils reçoivent l'inondation au moyen de deux systèmes de canaux : un premier système, à niveau élevé, est la prolongation du canal d'alimentation principal de la chaîne de bassins qui se trouve en amont; il se divise en deux branches, l'une *lll* qui suit les terrains hauts voisins de la digue du Nil ; l'autre *kkk* qui se rapproche des pentes du désert ; le second système, à niveau plus bas, a sa prise en amont de la chaîne de bassins, M,N,P,Q, qu'il traverse d'un bout à l'autre suivant la ligne des points bas ; c'est le canal *mmm*, qui prolongé forme le canal d'alimentation à niveau élevé de la chaîne suivante, le canal *nn* formant le système bas de cette nouvelle série de bassins.

Le canal *lll* franchit au moyen d'un siphon le canal *mmm* qui lui-même traverse également par un siphon le canal *nn*. Les trois canaux *ll*, *mm* et *kk* sont coupés par des ouvrages régulateurs au droit des digues transversales. Un déversoir *q* permet de rendre directement au Nil l'eau des bassins M,N,P,Q, qui passe d'un bassin dans l'autre par les ouvrages régulateurs des digues, à moins qu'il ne soit nécessaire de la faire écouler par le canal *mm* dans la chaîne aval de bassins pour en compléter l'inondation.

Le niveau normal de l'eau dans les bassins est fixé de façon à ce que les points les plus élevés soient noyés de 0,40 m. à 0,80 m. La coupe transversale, figure 9, montre que ce niveau peut être donné, même dans les années faibles, au moyen du réseau des canaux à haut niveau, dont la prise est reculée très loin en amont, mais que, dans les premiers bassins, le canal à bas niveau est en général impuissant à l'atteindre, la prise de ce canal étant trop rapprochée.

De cette observation découle le mode de remplissage des bassins; le canal à bas niveau alimentera les parties basses des bassins M et N et pourra suffire pour donner le niveau normal dans les bassins P et Q ; les canaux à haut niveau compléteront l'inondation des bassins M et N, ainsi que des bassins P et Q, s'il y a lieu, après que l'alimentation des bassins de la chaîne amont aura été assurée. Les canaux à haut niveau seront appelés à jouer un autre rôle important. Ils amèneront, dès le commencement de la crue, les eaux d'irrigation destinées à l'arrosage des cultures *nabari* (maïs et sorgho) qui sont faites sur une partie des terres les plus élevées des bassins, terres qui sont protégées contre les inondations au moyen de petites digues construites par les paysans au moment où l'eau des bassins atteint son niveau maximum [1].

[1] On peut admettre, d'une façon générale, que les terres hautes sur lesquelles on fait les cul-

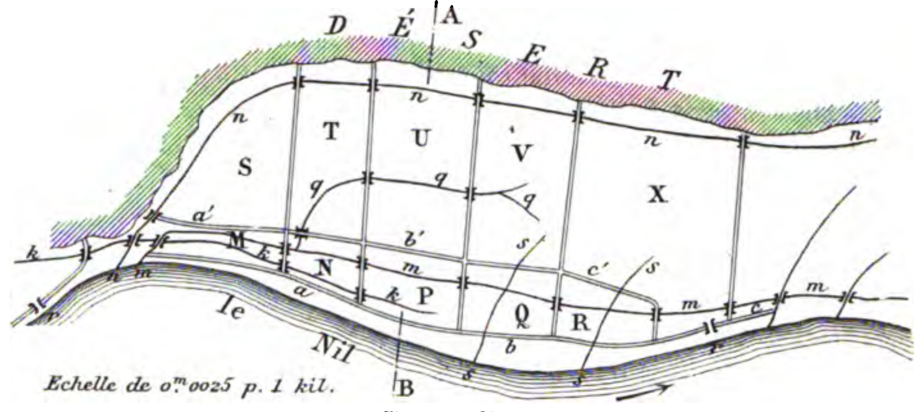


Fig. 10. — Plan.

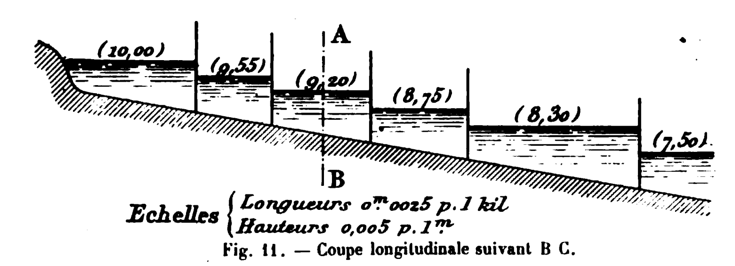


Fig. 11. — Coupe longitudinale suivant B C.

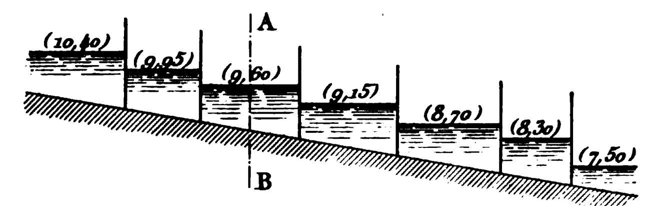


Fig. 12. — Coupe longitudinale suivant D E.

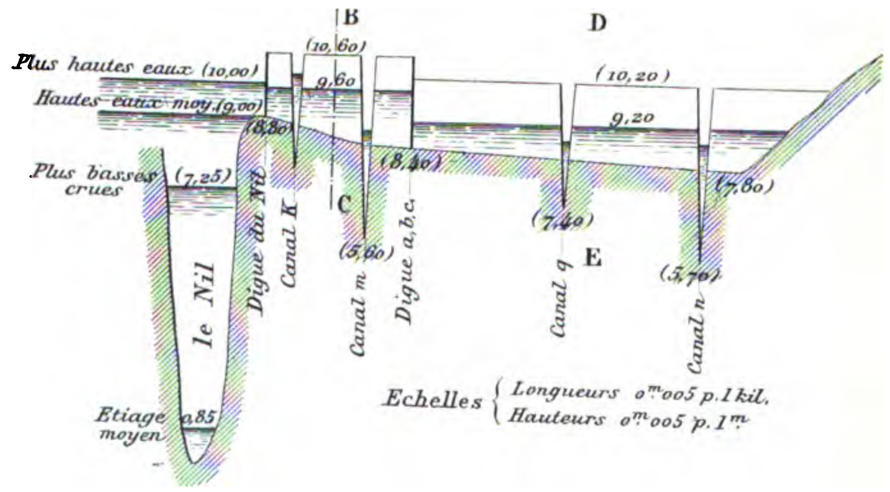


Fig. 13. — Coupe transversale suivant A B.

Fig. 10, 11. 12, 13. — Chaine théorique de grands bassins.

Enfin de petits canaux accessoires, tels que *pp*, peuvent amener au milieu des bassins de bonnes eaux limoneuses prises directement du Nil pendant les années favorables.

Prenons un autre exemple dans un endroit où la vallée est moins resserrée et a une quinzaine de kilomètres de largeur (voir fig. 10, 11, 12 et 13). Les dispositions seront à peu près les mêmes. Mais, afin d'éviter d'avoir à maintenir dans toute la largeur de la vallée la hauteur d'eau nécessaire pour noyer suffisamment les terres hautes rapprochées du Nil, on formera au delà de la digue du Nil *abc* une seconde digue longitudinale *a'b'c'* qui séparera ainsi une série de bassins hauts M,N,P,Q,R, d'une seconde série de bassins bas S,T,U,V,X. Il y aura alors deux canaux principaux d'alimentation, l'un *mmm* pour les bassins hauts et l'autre *nnn* pour les bassins bas, tous les deux se prolongeant en aval du bassin X pour former le réseau des canaux à haut niveau de la chaîne suivante de bassins. Le service à haut niveau des terres en bordure du Nil sera fait par le prolongement *kkk* du canal d'alimentation de la chaîne des bassins d'amont. En raison de la largeur de la vallée et de la grande dimension des bassins S, T, U, V, X, afin de diminuer la durée du remplissage, un embranchement *qqq* du canal *mmm* apportera également l'eau dans ces bassins. Deux siphons pour faire passer le canal supérieur *kkk* sous les canaux *mmm* et *nnn*, des ouvrages régulateurs aux points où les canaux franchissent les digues des bassins, un déversoir au Nil en *r* compléteront l'outillage de cette chaîne de bassins. Les réseaux des canaux hauts et bas fonctionnent comme dans l'exemple précédent, les canaux supérieurs venant aux secours des canaux inférieurs pour assurer ou compléter l'inondation des divers bassins et le canal *kkk* servant en outre à arroser la culture *nabari* des terres hautes. Enfin, des canaux directs pourront apporter dans les bonnes années l'eau limoneuse du Nil au cœur des grands bassins [1].

Ainsi chaque bassin est disposé de façon à pouvoir au besoin faire servir son eau pour l'inondation du bassin d'aval après qu'il en a profité lui-même et chaque chaîne de bassins peut venir en aide à la chaîne suivante.

Ce ne sont là, d'ailleurs, que des dispositions générales susceptibles d'être modifiées pour se prêter aux diverses particularités du terrain.

DIMENSIONS DES BASSINS

Les dimensions des bassins sont très variables ; elles dépendent de la

tures nabari s'étendent sur un tiers de la largeur de la vallée à partir du Nil. Ces cultures sont parfois séparées des bassins ou *hods* au moyen de digues permanentes formant des enclaves appelées *hochehs*.

[1] Ces canaux directs ne sont plus guère utiles avec les perfectionnements apportés dans la distribution de l'eau rouge pendant les quinze dernières années.

configuration des lieux. Quelques-uns ont une superficie qui ne dépasse pas un millier d'hectares, mais il n'est pas rare d'en rencontrer qui ont de 15 à 20 000 hectares et le grand bassin de Kocheicha, dans la province de Beni-souef, mesure 34 000 hectares.

Le dernier bassin d'une chaîne est toujours plus long et plus large que les autres, et la raison en est facile à comprendre. Si l'on se reporte aux figures 9 et 13, on voit que dans les fortes crues le Nil s'élève beaucoup au-dessus du sol, qu'il atteint 1 mètre à 1,50 m. au-dessus de ses berges, et qu'il peut remplir directement un bassin quelconque, même par son extrémité aval, de 0,30 m. à 0,50 m. plus haut que son niveau normal

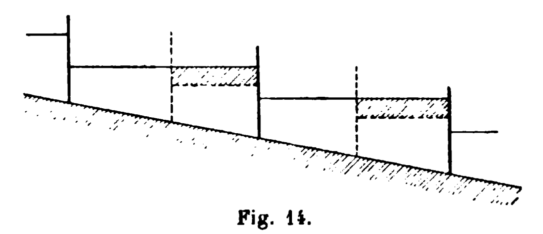


Fig. 14.

d'inondation. Or, comme on est moins maître du mouvement des eaux pendant les fortes crues, il est arrivé souvent, par suite d'une fausse manœuvre ou d'une rupture de digues en amont, que le dernier bassin de la chaîne a été rempli à déborder et a dû être déchargé dans le Nil par son extrémité aval. La hauteur du fleuve en ce point est alors plus élevée que le niveau normal du bassin; mais, si celui-ci est très étendu, l'inondation, en raison des pentes de la vallée et du fleuve, y est inférieure au niveau normal du bassin immédiatement supérieur et est cependant assez élevée pour couvrir complètement ce bassin. Ainsi, avec cette disposition, dans les fortes crues, le dernier bassin seul se trouve avoir un niveau plus élevé que son niveau normal et ne réagit pas d'une façon fâcheuse sur le régime des bassins d'amont. Tandis que, dans les bassins ordinaires, les villages sont construits sur des monticules artificiels de façon à être seulement au-dessus du niveau normal d'inondation, le colonel Ross a constaté que, dans le dernier bassin d'une chaîne, ils sont établis au-dessus du niveau même des crues et qu'on peut y élever les eaux à 0,80 m. au-dessus du niveau normal sans atteindre aucune construction.

Il est avantageux, au point de vue du remplissage, surtout dans les basses crues, d'avoir des bassins qui ne soient pas trop longs; ainsi, le profil ci-contre (fig. 14) montre qu'en partageant une longueur de 20 kilomètres en quatre bassins au lieu de deux, on économisera tout le volume d'eau représenté par les surfaces hachurées; en outre, les digues de séparation seront soumises à de moindres charges. Il est également préférable (voir fig. 13) d'établir la division en bassins de telle sorte que le sol ne présente pas de

fortes dénivellations dans l'intérieur d'un même bassin et aussi de pourvoir, autant que possible, de sources d'alimentation indépendantes les bassins situés à des niveaux très différents du reste de la chaîne ; on obtient ainsi une distribution plus facile avec une moindre dépense d'eau.

CONDITIONS D'UNE BONNE INONDATION

La fertilité des bassins dépend de deux conditions principales :

1° La submersion par de l'eau limoneuse appelée dans ce pays « eau rouge » ;

2° Le séjour de l'eau pendant un temps suffisamment long sur les terres inondées.

Eau rouge. — La quantité de limon contenue dans l'eau du Nil est maxima au mois d'août[1] ; elle est alors de 1,566 gr. par litre en moyenne ; en septembre elle est de 1,304 gr. et en octobre de 0,928 gr. Comme la proportion n'est que de 0,148 gr. pendant le mois de juillet, on voit par là combien la quantité de limon charriée par le Nil et qui augmente avec l'intensité de la crue est considérable pendant les derniers jours du mois d'août.

Une longue expérience a montré que c'est à cette époque qu'il convient de commencer à répandre l'eau sur les terres pour les engraisser et leur conserver la fertilité.

Quand le colonel Ross, après la mauvaise crue de 1888, étudiait les modifications à apporter au système d'inondation, il constata une fécondité remarquable dans les grands bassins qui reçoivent l'eau de bonne heure et pendant longtemps ; il reconnut au contraire que les terres des petits bassins en bordure du Nil, dont l'inondation était précaire et peu abondante parce qu'elle dépendait d'une crue de plus de 8,50 m. (16 p.) environ à Assouan, étaient pauvres et de peu de valeur ; il en était de même pour les terres qui ne recevaient qu'une eau débarrassée en grande partie de son limon à travers une longue suite de bassins supérieurs.

Un exemple frappant de ce fait s'est produit pendant la crue de 1885. Le grand bassin de Kocheicha, situé dans la province de Benisouef, recevait ordinairement des bassins d'amont une eau presque claire et les récoltes y étaient peu abondantes. En 1885, la digue qui sépare le bassin du Nil s'étant rompue au moment où le fleuve était à son maximum de hauteur, les *eaux rouges* l'ont ainsi envahi et submergé. Les agriculteurs obtinrent de si belles récoltes sur les terres qui avaient subi cette inondation accidentelle qu'ils ont demandé et obtenu que des mesures fussent prises pour

[1] Voir page 38.

introduire, à l'avenir, directement dans leur bassin l'eau du Nil chargée de limon.

Le même résultat s'est d'ailleurs vérifié partout où les travaux de transformation exécutés pendant les dernières années ont eu pour conséquence d'amener l'eau rouge régulièrement sur des points où elle n'arrivait pas auparavant, ou du moins, où elle ne parvenait que fortuitement ou en petite quantité.

Ainsi, pour que les terres retirent de l'inondation tout le profit qu'elle peut donner, il faut que les ouvrages de prise d'eau et les canaux soient disposés de façon à assurer une alimentation régulière en eau rouge et il sera avantageux de faire circuler, pendant la crue, dans les bassins, une aussi grande quantité d'eau rouge que le permettront le niveau du fleuve et les dimensions des ouvrages.

Il sera en outre toujours préférable que l'eau rouge, au moyen de prises faites sur le canal d'amenée, soit distribuée à la fois sur plusieurs points d'un même bassin, surtout sur les points hauts, de façon à ce que le limon se dépose autant que possible partout, et que les terres élevées ne soient pas seulement submergées par l'envahissement lent des eaux débouchant d'abord sur les terres basses et se clarifiant ainsi avant de se répandre sur les champs éloignés du courant d'alimentation.

Durée de la submersion. — La durée pendant laquelle les bassins restent sous l'eau est très variable. Elle dépend de circonstances locales, telles que le niveau du sol, sa situation par rapport aux canaux d'amenée et aux ouvrages d'évacuation, la section des canaux d'alimentation et toutes autres dispositions qui peuvent accélérer ou retarder l'arrivée des eaux et leur vidange. Elle dépend aussi d'éléments variables chaque année et qui sont notamment les différences du régime de chaque crue.

Comme règle générale, l'introduction de l'eau dans les bassins ne peut commencer que lorsque les cultures de maïs ou de dourah (cultures qedi) qui y sont faites dans les parties basses sont mûries et enlevées. Or cela n'arrive guère avant le 10 août. C'est donc en moyenne vers cette époque que les terres des bassins commencent à recevoir l'eau d'inondation. D'autre part, la meilleure époque pour faire les semailles après l'inondation s'étend du 10 au 30 octobre. Les terres qui sont submergées le plus longtemps restent donc sous l'eau du 10 août au 20 octobre, soit pendant soixante-dix jours.

Mais si l'on tient compte de la durée du remplissage, on ne peut guère compter pour la moyenne des terres plus de cinquante jours, en ne prenant que celles qui se trouvent dans de bonnes conditions et en ne considérant que les crues favorables. Dans les mauvaises années, beaucoup de bassins,

en raison du peu de jours pendant lesquels le niveau du fleuve reste élevé, n'ont pas le temps de se remplir avant la baisse de la crue, et ne peuvent être entièrement inondés qu'en utilisant les eaux qui ont déjà servi dans les bassins d'amont de la même chaîne ou des chaînes supérieures. On se trouve alors obligé de réduire la durée de la submersion complète de chaque bassin, la même eau devant être promenée d'un bassin dans l'autre pendant la période de soixante-dix jours indiquée plus haut.

Dans ces cas-là, on cherche à obtenir une submersion aussi prolongée que possible et durant au moins cinq à six jours. Bien que ce soit peu,

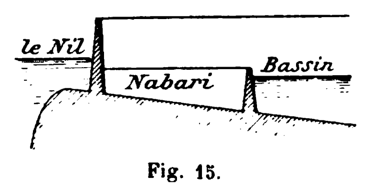


Fig. 15.

c'est cette durée de six jours qui est adoptée dans beaucoup de bassins pour la submersion des terres hautes qui sont en partie couvertes pendant la crue par les cultures *nabari* de maïs ou de sorgho. On maintient l'eau du bassin au-dessous du niveau des champs ainsi cultivés et on ne lui donne sa hauteur normale que six jours avant le moment de la vidange. Le fellah protège alors sa culture au moyen d'un épaulement en terre (fig. 15), ou laisse noyer sa récolte pendant ces quelques jours sur 0,40 m. à 0,50 m. sans grand dommage pour elle. Cette pratique n'est pas d'ailleurs très favorable à la conservation de la fertilité du sol.

En résumé, pour obtenir de l'inondation tous les effets qu'on doit en attendre, il faut qu'elle dure le plus longtemps possible entre les premiers jours du mois d'août et le milieu du mois d'octobre ; bien entendu, quand on ne peut donner l'eau que pendant une partie de cette durée, c'est vers la fin de cette période, c'est-à-dire juste avant l'époque des semailles, qu'il faut le faire, sans quoi la terre resterait tout à fait inculte.

CANAUX D'ALIMENTATION

Les canaux d'alimentation des bassins ont deux rôles à remplir. Ils doivent servir : 1° à donner l'irrigation aux cultures *nabari* faites sur les terres hautes des bassins ou sur les terres situées entre la digue longitudinale des bassins et le bord du Nil, cultures qui poussent pendant la crue ; 2° à répandre l'eau d'inondation dans les bassins.

Pour établir les dimensions de ces canaux, on considère en premier lieu que, afin de permettre l'enlèvement des cultures qedi (maïs ou sorgho) qui existent sur les terres basses avant la crue, on ne peut guère com-

mencer à envoyer l'eau dans les bassins que du 8 au 18 août, environ vers le 15 août. C'est donc à partir de cette époque de l'année seulement qu'il faut prendre la crue au point de vue de son utilisation pour les bassins. Le Nil monte d'ordinaire très rapidement dans la dernière semaine du mois d'août; sauf dans les très fortes années, il atteint rarement 8,37 m. (15 p. 12 k.) à Assouan avant le 15 août, et il est presque invariablement plus haut dans la troisième que dans la seconde décade du mois d'août; il atteint en moyenne son maximum dans la première décade du mois de septembre.

D'un autre côté, l'alimentation doit être terminée avant la fin du mois de septembre, pour que la submersion des terres les moins favorisées ait encore assez de durée avant le moment de la vidange commandé, comme on l'a déjà dit, par l'époque des semailles.

Pour remplir ces conditions, on prend comme base que l'alimentation des bassins doit se faire complètement, dans les plus mauvaises années, pendant les seize derniers jours du mois d'août et les vingt-quatre premiers jours de septembre, soit pendant quarante jours.

D'autre part, les dimensions des canaux doivent aussi être calculées de façon à ce qu'ils puissent faire profiter les bassins d'un supplément d'alimentation d'eau limoneuse pendant les bonnes années; car il est évident que plus il passe d'eau limoneuse sur une terre, plus il s'y dépose de matières fertilisantes.

De l'étude du régime du Nil pendant les dix-huit années antérieures à 1889, le colonnel Ross a conclu qu'un bas Nil avait une cote moyenne de 7,45 m. (13 p. 19 k.) à Assouan pendant la période des quarante jours indiquée plus haut; un moyen Nil, une cote moyenne de 8,32 m. (15 p. 10 k.) et un haut Nil une cote moyenne de 8,77 m. (16 p. 6 k.) pendant la même période; et il a admis en chiffres ronds qu'une basse crue serait fixée à la cote 7,45 m. à l'échelle d'Assouan, une crue moyenne à 1 mètre plus haut que la basse crue, et une forte crue 0,50 m. plus haut qu'une crue moyenne.

Partant de ces données, on a fixé le débit des canaux à 2,755 litres par seconde et par hectare de bassin, ce qui donne, pour la surface inondée, une hauteur moyenne de submersion de 1 mètre en quarante-deux jours de débit, 0,75 m. en trente et un jours et demi et 0,60 en vingt-cinq jours pour une basse crue de 7,45 m. à Assouan. On calcule en outre que les canaux doivent débiter 0,826 litre par jour et par hectare cultivé en nabari. La somme de ces deux débits donne le débit total du canal.

Une hauteur moyenne de 1 mètre de submersion, y compris les pertes par évaporation, n'est pas tout à fait suffisante. Mais les mêmes canaux, pendant un Nil moyen, débiteront un quart en plus, ce qui donnera une

bonne hauteur de 1 mètre de submersion en moyenne, évaporation déduite; et, dans une grande crue, le débit sera 50 p. 100 plus fort qu'en basse crue. Et même quand, dans les plus hautes crues, le Nil atteint 10 mètres à l'échelle d'Assouan, la totalité de l'eau portée par ces canaux est dangereuse à admettre dans les bassins; il faut alors régler l'entrée de l'eau dans les canaux, à moins qu'on n'ait à sa disposition des moyens suffisants pour évacuer l'excès du débit.

Les principaux canaux d'alimentation sont, en général, creusés à un niveau tel que le plafond soit atteint par l'eau lorsque la hauteur du Nil correspond à la cote de 4,32 m. (8 pics) à l'échelle d'Assouan pour les plus grandes artères et de 4,86 m. (9 pics) pour les autres. Quelques canaux ne reçoivent l'eau que lorsque le Nil est à Assouan à la cote 5,40 m. (10 pics) et même 5,94 m. (11 pics). La largeur du plafond, à la prise, varie de 7 à 21 mètres; quant à la pente, elle est ordinairement de 0,04 m. par kilomètre et correspond ainsi à une bonne vitesse permettant au limon de rester en suspension dans l'eau jusqu'au moment où celle-ci arrive sur les terres à inonder.

Avec ces dispositions, on obtient les débits suivants pour des largeurs de plafond de 10, 15 et 20 mètres, selon qu'on se trouve en présence d'un Nil mauvais, bon ou haut.

Canal dont le plafond correspond à la cote de 8 pics (4,32 m.) à Assouan.

LARGEUR au plafond.	CRUE BASSE		CRUE MOYENNE		CRUE FORTE	
	Profondeur d'eau.	Débit en m³ par seconde.	Profondeur d'eau.	Débit en m³ par seconde.	Profondeur d'eau.	Débit en m³ par seconde.
mètres.	mètres.	m³	mètres.	m³.	mètres.	m³.
20	3	33	4	53	4,50	65
10	5	25	4	41	4,50	50

Canal dont le plafond correspond à la cote de 9 pics (4,86 m.) à Assouan.

LARGEUR au plafond.	CRUE BASSE		CRUE MOYENNE		CRUE FORTE	
	Profondeur d'eau.	Débit en m³ par seconde.	Profondeur d'eau.	Débit en m³ par seconde.	Profondeur d'eau.	Débit en m³ par seconde.
mètres.	mètres.	m³.	mètres.	m³.	mètres.	m³.
15	2,50	18	3,50	32	4,00	41
10	2,50	12	3,50	22	4,00	28

Considérons la prise d'un canal d'alimentation au moment où elle reçoit

l'eau de la crue. S'il s'agit d'une basse crue marquant 7, 45 m. à l'échelle d'Assouan, les terres en bordure du Nil seront en général 1,50 m. plus élevées que cette crue ; s'il s'agit d'une crue moyenne de 8,32 m., elles seront encore de 0,50 m. plus hautes que la crue ; c'est donc seulement dans les grandes crues que les berges du Nil pourront être arrosées par le canal dès son origine. En admettant pour le canal la pente ordinaire de 0,04 m. par kilomètre et en prenant pour la pente longitudinale de la vallée, le long des sinuosités du canal, le chiffre moyen de 0,075 m. par kilomètre, on voit que l'eau du canal se rapprochera du niveau des terres de 0,035 m. par kilomètre et n'atteindra par conséquent ce niveau qu'après un parcours de 43 kilomètres en basse crue et de 14 kilomètres en crue moyenne.

Si ce canal doit inonder les terres éloignées du Nil, dont le niveau moyen est à peu près à 1 mètre plus bas que celui des berges, c'est après 14 kilomètres de parcours qu'il pourra commencer à remplir son office dans les basses crues et tout de suite après avoir franchi les terres hautes voisines du Nil, soit à peu près après 3 kilomètres de parcours, dans les crues moyennes.

Un canal d'alimentation ne peut donc, ordinairement, être utilisé que pour les terres situées plus ou moins loin de sa prise, et c'est pour cette raison qu'on a recours, comme nous l'avons vu (voir fig. 7 à 13), au prolongement des canaux d'alimentation de la chaîne des bassins d'amont pour arroser sur une certaine longueur les parties hautes de la chaîne immédiatement inférieure.

Certains canaux ont des prises en maçonnerie permettant de régler leur débit et de les fermer au besoin, mais beaucoup n'en ont pas et l'eau de la crue y entre librement ; dans ce dernier cas, pour fermer le canal, on en obstrue l'embouchure à 50 mètres environ en aval de la prise au moyen d'un barrage construit en pierres perdues, toujours approvisionnées à cet effet dans le voisinage.

L'inconvénient de ce dernier système est une dépense annuelle de matériaux et de main-d'œuvre, c'est en outre et surtout qu'une fois le barrage fermé, on ne peut plus l'ouvrir pendant la même crue. Cela n'a pas d'importance si la fermeture a lieu au moment où se prépare la vidange des bassins, mais il n'en est pas de même si l'on est obligé d'agir ainsi par précaution au moment du maximun d'une forte crue et quand le remplissage des bassins n'est pas terminé.

Un ouvrage de communication avec le bief aval d'un canal provenant du système supérieur de bassins peut remédier à ce défaut ; cet ouvrage peut être utilement employé dans certains cas, même quand le canal considéré a un ouvrage en maçonnerie à sa prise au Nil. Quoi qu'il en soit, au cas d'un afflux d'eau considérable, la meilleure manière de procéder paraît

être de laisser l'eau couler librement dans le canal et d'en rejeter l'excédent au Nil par les déversoirs dont nous parlerons plus loin et qui sont situés vers l'extrémité aval des diverses chaînes de bassins. On peut ainsi faire passer sur les terres une grande quantité d'eau limoneuse pour leur plus grand profit.

Suivons depuis son origine jusqu'à son extrémité aval un canal établi comme il vient d'être indiqué. Sa longueur est très variable suivant l'extension du système de bassins qu'il a à desservir ; il peut avoir une centaine de kilomètres, comme le canal Sohaghieh, dans la province de Guirgueh, ou son tronc principal peut être limité à 15 kilomètres comme le canal Oum Addas dans la province de Kéneh ; en général, elle est comprise entre 35 et 50 kilomètres.

Nous trouvons d'abord l'ouvrage de prise en maçonnerie, quand il existe ; il est composé d'arches de 3 mètres d'ouverture fermées par des poutrelles horizontales ou des aiguilles verticales. Nous rencontrons ensuite le siphon par lequel passe le canal de la chaîne supérieure de bassins pour fournir l'eau aux terres hautes d'aval, et parfois aussi un ouvrage de communication entre les deux canaux permettant l'alimentation du canal inférieur par le canal supérieur en cas de besoin. Puis le canal pénètre dans les bassins, soit en suivant les terres rapprochées du Nil, soit en circulant dans le fond des bassins ; il est préférable d'ailleurs qu'il coule dans les terres hautes, le long de la digue du Nil, car il peut être alors mieux utilisé pour la culture *nabari* et il répartit mieux l'eau dans chaque bassin. A chaque digue transversale, le canal est muni d'un ouvrage régulateur de même type que l'ouvrage de prise. Enfin, le long de son cours, sont ménagés d'autres ouvrages destinés à distribuer l'eau directement dans les bassins ou à alimenter des embranchements qui servent de feeders à deux ou plusieurs bassins. Autant que possible le canal est endigué des deux côtés pour que ses eaux limoneuses ne soient pas mélangées avec les eaux déjà clarifiées des bassins et puissent être portées plus loin avec toutes leurs qualités fertilisantes ; mais souvent aussi, par raison d'économie dans la construction et l'entretien, le lit du canal forme un simple chenal creusé au-dessous du niveau des terres et débordant naturellement par-dessus les berges lorsque l'inondation commence. Parfois au contraire une des digues ou les deux digues d'un canal sont les digues même des bassins.

Quand le canal a franchi ainsi l'ouvrage régulateur de la digue aval du dernier bassin de la série, il passe en siphon sous le canal principal de la série suivante. Le niveau de ses eaux affleure, à cette distance de la prise, les terres hautes et son rôle prédominant est alors de fournir de l'eau aux cultures nabari existant le long des premiers kilomètres du canal inférieur d'alimentation et sur les terres hautes des bassins jusqu'au point où ce

dernier canal atteint un niveau suffisant par rapport au sol. Il a également un second rôle, dans les mauvaises années, qui est de compléter l'inondation des parties des bassins supérieurs de la chaîne aval trop élevées pour être débordées par les eaux du canal inférieur. Il remplit ce double rôle au moyen de prises d'eau et de canaux de distribution appelés *sayalahs*, qui sont soit dirigés vers le fond des bassins, soit parallèles au Nil, suivant qu'ils sont destinés à l'inondation ou à la culture *nabari* ; ils ont d'ailleurs souvent ce double but et sont munis d'ouvrages régulateurs appropriés à leurs diverses fonctions.

Malgré tous ces arrangements, il y a des points où la culture est encore à la merci de la plus ou moins grande hauteur de la crue du Nil et où elle est difficile pendant les mauvaises années. C'est d'abord la bande de terre de largeur variable, tantôt très étroite, tantôt ayant 200 à 300 mètres de largeur, qui s'allonge entre la digue du Nil et le fleuve lui-même. Cette bande est cultivée en *nabari*. Le fellah l'arrose ordinairement à l'aide d'appareils élévatoires à main qui puisent dans le Nil; il doit élever l'eau tant que la crue n'atteint pas la cote de 9 mètres à l'échelle d'Assouan. La population elle-même, et non le gouvernement, creuse et entretient, dans les parties où cette bande de terrain est assez étendue, de petits canaux dont le plafond est à 1,50 m. au-dessous du niveau du sol, et qui sont à sec tant que le Nil reste au-dessous de cette cote.

Dans cette même catégorie de terres pénibles à cultiver sont les îles, les berges immédiates des biefs supérieurs des grands canaux et aussi toutes les parcelles de terrain bordant le désert, où il n'y a pas assez de place pour un système de bassins et où le paysan tire son eau, soit du Nil, soit d'un canal entretenu par le gouvernement et dont le plafond ne reçoit l'eau que lorsque la crue atteint 7 mètres à l'échelle d'Assouan. Toutes ces terres souffrent beaucoup du manque d'eau quand le Nil reste bas ou lorsqu'il est au-dessous de la cote 7 mètres à 7,50 m. au moment de l'époque des semailles du maïs, c'est-à-dire au commencement d'août.

DIGUES DES BASSINS

On a déjà vu que les eaux sont maintenues dans les bassins, au niveau convenable, pendant le temps nécessaire à une bonne submersion, au moyen d'un système de digues longitudinales et de digues transversales.

Ces digues sont en terre ; elles ont généralement 4 à 5 mètres de largeur en couronne.

CANAUX ET OUVRAGES DE VIDANGE

Pour compléter l'examen général de l'outillage des bassins d'inondation, il reste à parler des canaux et ouvrages au moyen desquels on évacue

l'énorme masse d'eau qui a été emmagasinée pendant la crue sur le sol de la vallée.

Il n'y a pas à proprement parler un réseau de canaux d'écoulement. Dans une chaîne de bassins, l'eau qui n'est pas nécessaire pour compléter l'inondation de la chaîne suivante retourne au Nil par un déversoir établi à l'extrémité aval de la digue longitudinale du dernier bassin ; elle arrive à ce déversoir en passant d'un bassin dans l'autre par des ouvrages régulateurs construits dans les digues transversales, les uns sur la ligne des points bas de la vallée, les autres en d'autres endroits ; la plupart de ces ouvrages sont ceux-là même qui se trouvent sur les canaux d'alimentation au passage des digues.

Les déversoirs sont des ouvrages qui sont à peu près du même type que les régulateurs ; ils sont calculés de façon à pouvoir vider un système de bassins en quinze à vingt jours avec une charge de 0,30 m. à 0,40 m. au-dessus du niveau du Nil.

Pour éviter que, après la vidange générale, des eaux ne restent stagnantes dans certaines dépressions du sol, on réunit ensemble tous ces bas-fonds par des chenaux de 1 mètre de profondeur sur 3 à 4 mètres de largeur qui permettent de les drainer rapidement et de les ensemencer ensuite presque en même temps que les terres hautes.

REMARQUE GÉNÉRALE SUR LES CANAUX, DIGUES ET OUVRAGES DES BASSINS

Avant d'étudier le fonctionnement de tout cet ensemble de digues, de canaux et d'ouvrages d'art qui constituent les bassins d'inondation, il est bon de faire remarquer que tout ce qui vient d'être dit à ce sujet constitue les principes fondamentaux sur lesquels est établi ce système, qui n'est pas partout mis au point que nous avons indiqué. Bien des biefs de canaux ne sont pas endigués et leur eau s'éparpille à un certain moment dans les bassins supérieurs, y perdant une partie de leur limon au détriment des bassins inférieurs ; une certain nombre d'ouvrages de prise ne sont pas encore construits et des barrages provisoires doivent être faits, le cas échéant, pour y suppléer. D'autre part, le manque ou l'insuffisance d'ouvrages régulateurs et de déversoirs oblige à faire chaque année dans les digues des bassins ou des canaux des coupures qu'on doit remblayer chaque année. Mais des sommes énormes ont été dépensées dans ces derniers temps pour améliorer tout le système et beaucoup de ces inconvénients disparaissent progressivement.

REMPLISSAGE DES BASSINS

Le premier point est de laisser couler l'eau aussitôt que possible dans les canaux le long desquels est cultivé du *nabari ;* cela est facile lorsque

ces canaux ont des ouvrages de prise permettant de régler le débit et des barrages aux extrémités pour empêcher l'eau d'aller noyer les cultures *qedi* qui occupent alors le fond des bassins. On admet donc l'eau dans ces canaux aussitôt que le niveau de la crue dépasse celui du plafond.

En second lieu, dès que la récolte *qedi* est enlevée, les prises des bassins doivent être ouvertes, et cela aussitôt que possible dans le mois d'août, afin de pouvoir envoyer sur les terres le plus d'eau rouge qu'on le peut. Avec un aménagement convenable, on peut, dans une bonne crue, faire passer dans les bassins deux fois et demi plus d'eau rouge que le minimum calculé pour une mauvaise crue.

Quand un bassin a une alimentation directe du Nil au moyen d'un canal ayant une section suffisante et une pente assez forte pour maintenir le limon en suspension et quand il est muni d'un déversoir au Nil à son extrémité aval, il est dans les meilleures conditions possibles pour l'inondation. Aussitôt que l'eau dans le bassin a atteint 0,25 m. au-dessous du niveau normal, le déversoir est ouvert de façon à avoir un débit égal au débit d'alimentation. Si le débit d'alimentation est plus fort que celui du déversoir on réduit le premier en fermant plus ou moins les prises d'eau. On ne doit amener le bassin à son niveau normal que dix jours environ avant le moment de la vidange, soit vers le 15 septembre dans la Haute Égypte et vers le 20 septembre dans la Moyenne Égypte. De cette façon, les plus hautes terres ont au moins dix jours de bonne inondation, et les digues sont moins longtemps soumises à de fortes pressions ainsi qu'à l'action des vagues que le vent soulève dans un bassin tout à fait plein.

Quand une série de deux ou plusieurs bassins est alimentée uniquement par une prise d'eau rouge au Nil située en amont de la chaîne et n'a pas de réseau de canaux à haut niveau provenant d'une chaîne supérieure de bassins (et c'est encore le cas de certaines séries de bassins de la rive droite du Nil qui sont séparées les unes des autres par de longs promontoires rocheux infranchissables), depuis le commencement du remplissage, les régulateurs des digues transversales sont laissés ouverts ; ceux de la digue aval du dernier bassin sont seuls fermés. De cette façon, il passe plus d'eau dans le canal, quand le Nil est encore bas, que si on fermait un régulateur plus rapproché de la prise, car la pente superficielle serait ainsi diminuée. Quand les bassins inférieurs de la série sont pleins jusqu'à 0,25 m. au-dessous de leur niveau normal et que le Nil continue à monter, les régulateurs des bassins sont fermés graduellement d'aval en amont; mais, si l'on voit, quand le Nil est arrivé à son niveau maximum, que les bassins supérieurs sont à court d'eau, les régulateurs d'aval doivent être tous fermés et l'inondation doit être complétée autant que possible en amont; l'eau est ensuite passée de bassin en bassin pour compléter l'inondation des bassins inférieurs. Il

faut toutefois veiller, lorsque la prise du canal est très rapprochée, à ce que la fermeture des régulateurs des premiers bassins ne diminue pas trop la pente superficielle et par suite le débit, à moins qu'il y ait déjà assez d'eau dans l'ensemble du système et qu'elle y soit emmagasinée de façon à pouvoir ensuite, par une répartition convenable, inonder toutes les terres. Au contraire, lorsque la crue est bonne, on procède comme on l'a vu plus haut, en continuant tout le temps qu'il est possible le passage de l'eau à travers les bassins, déversant le surplus au Nil par le déversoir d'aval, ne donnant le plein niveau qu'une dizaine de jours avant la vidange et ayant bien soin de ne pas le laisser s'abaisser jusqu'à la fin.

Quand les chaînes de bassins ont, outre leurs propres canaux d'alimentation, un réseau de canaux à niveau élevé provenant des systèmes de bassins supérieurs, le remplissage est ainsi rendu beaucoup plus indépendant de la hauteur des crues, puisqu'on peut avoir recours à la vidange des bassins de la série supérieure soit pour compléter le remplissage des bassins amont de la série considérée, soit pour créer un mouvement général d'eau rouge dans les bassins jusqu'au moment où on leur donne leur plein niveau.

Cette communication avec les canaux des séries supérieures de bassins est encore très utile quand un ou plusieurs bassins d'une même chaîne ont des canaux directs d'alimentation de section insuffisante, comme c'est le cas notamment pour la grande chaîne qui s'étend d'Assiout au Caire.

Pendant la première période du remplissage, il est possible, dans bien des cas, de faire entrer directement l'eau du Nil dans certains bassins par les déversoirs qui servent ensuite à l'évacuer. Il est très avantageux de profiter de cette facilité qui augmente le nombre des points par lesquels on peut introduire l'eau rouge dans une même chaîne de bassins.

Pendant les fortes crues, avec un système bien combiné de prises d'eau, de régulateurs et de déversoirs, il est toujours facile et il est avantageux de laisser les canaux principaux couler en plein et de rendre au Nil l'excédent d'eau; on augmente ainsi l'intensité du limonage; mais quand le Nil est mauvais, c'est-à-dire quand la crue est basse, c'est avec la plus grande attention qu'il faut régler l'admission et la répartition de l'eau. Des mesures spéciales sont prescrites dans ce cas aux ingénieurs régionaux et l'alarme leur est donnée aussitôt qu'à certains indices on prévoit une crue faible. Alors on emmagasine l'eau dans le centre de chaque chaîne de bassins et elle est ensuite répartie dans les bassins d'aval de la même chaîne et dans les bassins amont de la chaîne suivante. On bouche en outre à grand renfort de terre les régulateurs et les déversoirs des bassins où l'eau est emmagasinée, de façon à éviter toute déperdition.

Jusqu'à ces dernières années, on croyait pouvoir prédire une basse

crue lorsque le 15 août le Nil était au-dessous de 7 mètres à l'échelle d'Assouan, ou si le 22 août il était au-dessous de 7,60 m., ou si le 28 août il était au-dessous de 8,10 m. Mais aujourd'hui que des nilomètres sont installés jusqu'au fond du Soudan, l'état des crues peut être prévu beaucoup plus sûrement et plus longtemps à l'avance.

On a parlé jusqu'à présent du niveau normal ou du plein niveau des bassins comme si c'était une donnée fixe, immuable. En fait il dépend chaque année du point jusqu'où descendent les cultures *nabari* et les ingénieurs éprouvent souvent des difficultés à régler ce niveau normal, surtout lorsque les paysans ont fait des cultures nabari sur des champs isolés, séparés par des terres en friche prêtes à recevoir l'inondation. Ces cultures nabari, si intéressantes pour le fellah, courent ainsi souvent de grands risques d'être noyées. Lorsqu'on prévoit une faible crue, les cultures nabari prennent plus d'extension que dans les années ordinaires, le paysan cultivant de cette façon une grande partie de terres sur lesquelles il estime que l'eau ne montera pas.

VIDANGE DES BASSINS

Les principes appliqués pour procéder à la vidange des bassins sont assez simples.

L'époque la plus favorable pour les semailles étant du 10 au 30 octobre, la vidange de tous les bassins devrait être commencée de façon à être terminée autant que possible quelques jours avant la fin de cette période ; toutefois, dans les bassins situés le plus au nord, c'est-à-dire à la hauteur du Caire, cette opération n'est ordinairement terminée qu'en novembre. On ne peut en effet vider tous les bassins à la fois, car très souvent on est obligé de se servir de l'eau de certaines séries pour compléter l'irrigation de séries inférieures; d'ailleurs, les semailles doivent se faire plus tôt dans les régions les plus méridionales où l'arrivée des chaleurs est plus précoce.

En outre, il ne faut pas oublier qu'on a affaire à un volume de plus de 8 milliards de mètres cubes qu'on doit rendre au Nil et qui sont répartis sur une surface de 630 000 hectares et sur une longueur de fleuve de près de 1 000 kilomètres. C'est avec une certaine prudence qu'on déverse cette masse d'eau dans un fleuve qui, au mois d'octobre, époque de la vidange, débite seulement 550 millions de mètres cubes par jour.

En général, la durée de la vidange pour une chaîne de bassins est d'une vingtaine de jours et la durée totale pour toute l'Égypte est de trente-cinq à quarante jours à partir des derniers jours de septembre. La date du commencement de la vidange est reculée lorsque la crue a été tardive ou faible. La fin de l'opération peut, d'autre part, se trouver forcément remise d'un

certain nombre de jours dans les années où le Nil baisse lentement et se trouve encore à un niveau trop élevé en octobre pour rendre possible l'assèchement complet des bassins voisins des déversoirs.

Quand on veut commencer la vidange, la première opération consiste à fermer la prise des canaux d'alimentation. Dans une année moyenne, ils ont à ce moment là 3,70 m. ou 3,10 m. d'eau, suivant la cote de leur plafond, le Nil étant alors à 8 mètres à l'échelle d'Assouan. Ces fermetures se font en barrant les ouvrages de tête, quand il y en a, ou, quand il n'y en a pas, en obstruant l'entrée du canal par une digue en pierres perdues.

En même temps, pour qu'on puisse arroser encore les cultures nabari, qui ne murissent qu'en novembre, on retient de l'eau dans les biefs des canaux le long desquels sont de ces cultures. Pour cela, on barre ces biefs aux deux extrémités soit avec des digues en terre, soit en fermant les régulateurs, aussitôt que l'alimentation commence à baisser ou que les opérations de la vidange menacent d'entraîner sans profit cette réserve d'eau dans le grand courant qui déverse tout au Nil.

Quant à l'eau contenue dans les bassins, elle est rendue au fleuve le plus directement possible, sauf ce qui en est nécessaire pour compléter l'inondation des bassins d'aval ; on la fait écouler par les déversoirs les plus rapprochés ménagés dans les digues longitudinales.

Les opérations de vidange, comme celles de remplissage, sont naturellement plus ou moins modifiées par la hauteur et la durée de la crue.

Des ruptures de digues se produisent de temps en temps. Elles n'ont pas grande importance pendant les bonnes crues, sinon qu'elles augmentent la dépense d'entretien. Mais, dans les mauvaises années, elles sont parfois désastreuses, surtout lorsque par la brèche s'échappe toute une réserve d'eau accumulée avec de grandes précautions et destinée à submerger ensuite une chaîne de bassins qui se trouvent ainsi voués à la stérilité jusqu'à l'année suivante.

De ce qui précède il résulte que, pour toutes les régions dans lesquelles la culture se fait par bassins d'inondation avec du nabari sur les terres hautes, la crue du Nil intéresse seule l'agriculteur; l'étiage le laisse indifférent. Selon la hauteur et la durée de la crue, le sol sera plus ou moins facilement, plus on moins abondamment submergé, la vidange se fera plus ou moins vite, à une époque plus ou moins favorable. Aussi comme, jusqu'au siècle dernier, la culture par bassins était celle qui régnait dans toute l'Égypte, que le système tout entier était loin d'atteindre le degré de perfection et de sécurité qu'il a actuellement et que, par conséquent, l'inondation dépendait plus complètement qu'aujourd'hui de l'état du Nil, on comprend avec quelle anxiété superstitieuse était attendue la montée des eaux. Dans le langage populaire, le Nil et la crue étaient représentés par le même

mot; la crue était, pour le peuple, le Nil lui-même amenant ses eaux d'une source lointaine et mystérieuse, chaque année, à l'époque fatidique.

EFFETS DE LA SUBMERSION SUR LE SOL

Les eaux du Nil sont introduites dans les bassins au moment où elles sont le plus chargées de limon et de matières fertilisantes; on a vu qu'à cette époque de l'année, le Nil contient à peu près 1,500 kg. de matières en suspension par mètre cube d'eau et qu'on compte une hauteur moyenne de 1,25 m. d'eau dans les bassins pendant une année moyenne, et 1,50 m. dans les bonnes années. Ces eaux séjournent sur les terres assez longtemps pour y déposer la plus grande partie de leur limon; si l'on admet qu'elles n'en laissent échapper que les deux tiers, soit un kilogramme par mètre cube, l'autre tiers restant en suspension tant à cause de la ténuité des substances qui le composent que par suite des courants ou de l'agitation que le vent produit sur les bassins, les surfaces submergées sont engraissées par une quantité de limon représentant 13 tonnes par hectare, soit une couche qui aurait un millimètre à peu près de hauteur si elle était uniformément répandue. Cette masse de dépôt renferme, entre autres substances, 14 kilogrammes d'azote et un poids variable d'acide phosphorique. Ce sont là certainement des éléments précieux pour contribuer à entretenir la fertilité du sol; mais, seuls, ils n'y suffiraient pas; une récolte moyenne de blé absorberait plus du double de la quantité d'azote ainsi apportée par l'inondation. D'autre part, ces 14 kilogrammes d'azote sont loin d'être uniformément répandus, beaucoup de terres ne recevant que des eaux en partie décantées et sur une faible hauteur. Si donc le sol des bassins conserve depuis si longtemps sa puissance de production sans que le paysan ait besoin de recourir aux engrais pour la maintenir, cela tient évidemment à ce que l'eau, par elle-même et indépendamment des matières qu'elle porte en suspension, exerce dans l'intérieur des terres arables une action spéciale fertilisante. Quelles que soient les causes de cette action, il est un fait, facile à constater, qui ne peut que la favoriser. Après que les eaux se sont retirées, la terre se dessèche peu à peu; au bout de quelque temps, comme elle est très argileuse, elle se rétracte, se fend et est bientôt coupée par des crevasses nombreuses et profondes qui s'enfoncent dans le sol et se subdivisent en fissures de plus en plus minces; pendant toute la saison de repos de la terre, le sol est ainsi préparé pour une aération parfaite; l'oxygène et l'azote de l'air pénètrent dans les ramifications des crevasses et entrent en contact intime avec les particules terreuses dans toute l'épaisseur de la couche active du sol. Les eaux d'inondation, arrivant ensuite, emprisonnent cet air qui, se trouvant à l'état très divisé, est évidemment

plus apte à être dissout facilement et à être transformé en produits qui seront ensuite assimilés par les racines des plantes.

Cette aération si complète de la terre pendant la période de sécheresse des bassins permet de supprimer tout labourage avant l'ensemencement qui suit immédiatement le retrait des eaux.

L'inondation, en dehors de l'action propre et fertilisante qu'elle exerce sur le sol, contribue en outre à l'assainir. Dans les endroits où des efflorescences salines se sont produites, amenées du sous-sol par de l'eau d'infiltration qui s'évapore à la surface, l'inondation les délave, les dissout et les entraîne.

CHAPITRE V

DESCRIPTION DES BASSINS D'INONDATION

Petite chaîne de bassins. — Grande chaîne de bassins. — Ensemble des bassins d'inondation de l'Égypte. — Irrigation permanente dans la région des bassins. — Alimentation et vidange. — Action du remplissage et de la vidange sur les niveaux du Nil. Dépenses d'entretien des digues et des canaux. — Importance des cultures dans la région des bassins.

PETITE CHAINE DE BASSINS

Le premier système de bassins que nous nous proposons de décrire à titre d'exemple s'étend du kilomètre 794 au kilomètre 740 du Nil (voir fig. 16). Il est situé sur la rive droite, au nord et au sud de la ville de Louxor.

Il comprend d'abord, entre les kilomètres 794 et 769, une bande étroite qui s'élargit jusqu'à 3 500 mètres, au kilomètre 774, pour se rétrécir ensuite; puis vient un promontoire désertique, le mahgar Salamieh, qui ne laisse que quelques parcelles cultivables le long du fleuve entre les kilomètres 769 et 765 ; enfin du kilomètre 765 au kilomètre 740, la vallée s'ouvre jusqu'à atteindre un maximun de largeur de 6 500 mètres ; au kilomètre 740 commence un second promontoire désertique de 3 kilomètres environ de longueur qui sépare cette chaîne de bassins de la suivante.

La première partie de cette chaîne est divisée en deux bassins :

Sud-Salamieh	1 318 hectares.
Nord-Salamieh	1 420 —
Total	2 738 hectares.

La seconde partie est divisée en cinq bassins :

Gabbanah	302 hectares.
Hibel	680 —
Est-Karnak	617 —
Ouest-Karnak	857 —
Ahchi	1 260 —
Total	3 716 hectares.

Ces bassins reçoivent leur eau par trois canaux principaux qui sont, en allant du sud au nord, le canal Killabieh, le canal Mahallah et le canal Bayadieh.

La canal Killabieh a sa prise au kilomètre 825; son plafond a 10 mètres de largeur et commence à être en eau pour une hauteur du Nil correspondant à 5,40 m. l'échelle d'Assouan (10 pics); sa pente est de 0,03 m. par kilomètre; son débit est de 8,300 m^3 par seconde en mauvaise crue, et 17,900 m^3 en moyenne crue. Après avoir traversé les bassins d'amont et le promontoire désertique qui limite le bassin Sud-Salamieh, ce canal pénètre, au trente-septième kilomètre à partir de sa prise, dans ce dernier bassin, par deux branches : l'une de six kilomètres, qui longe le désert et aboutit par un ouvrage régulateur (2 ouvertures de 3 mètres) dans le bassin Nord-Salamieh et l'autre, canal du siphon de Qibah, de neuf kilomètres, qui passe en siphon (2 ouvertures de 3 mètres) sous le canal Mahallah pour suivre le côté intérieur de la digue longitudinale du bassin Sud-Salamieh et se prolonger sur les terrains bordant le Nil, au moyen d'un aqueduc de 2 mètres d'ou-

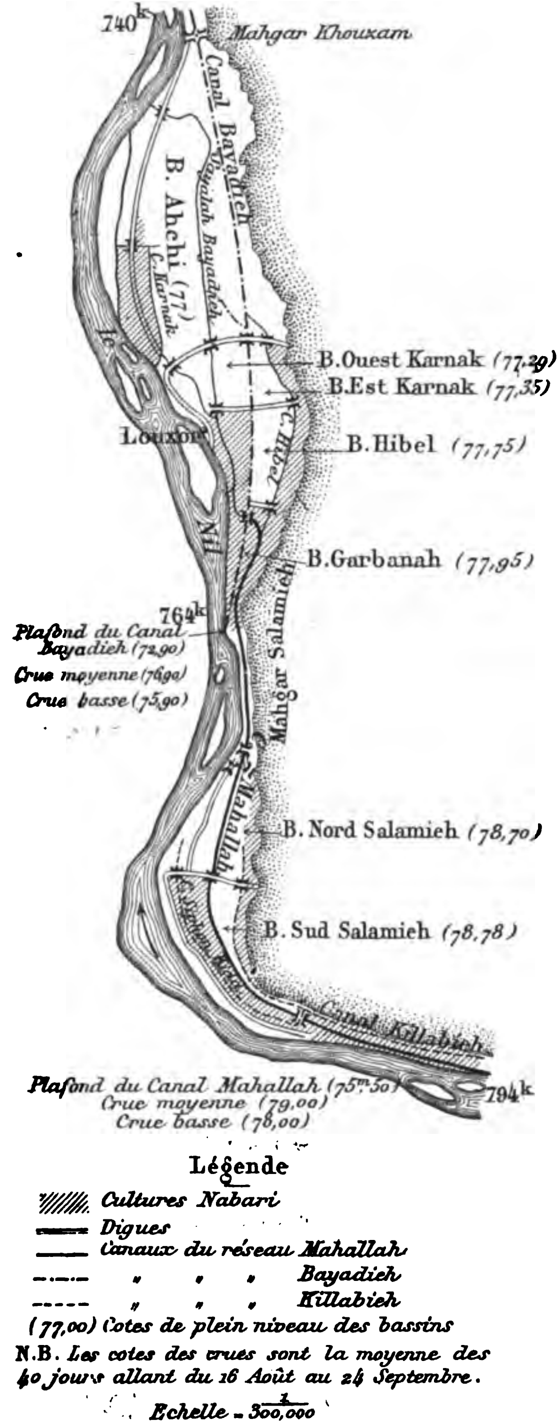


Fig. 16. — Système de bassins aux environs de Louxor.

verture percé dans la digue transversale nord du bassin Sud-Salamieh.

Le canal Mahallah a sa prise au kilomètre 794; sa largeur au plafond est de 7 mètres; il commence à prendre l'eau lorsque la hauteur du Nil correspond à la cote de 4,86 m. (9 pics) à l'échelle d'Assouan; sa pente est de 0,04 m. par kilomètre et son débit moyen 8,850 m³ par seconde en mauvaise crue et 16,300 m³ par seconde en crue moyenne. Il traverse tout le bassin Sud-Salamieh, franchit sa digue transversale nord (15 km.) par un ouvrage (3 arches de 2,50 m.), passe alors dans le bassin Nord-Salamieh dans lequel il peut donner l'eau par un aqueduc de 3 mètres, est muni à l'extrémité nord de ce bassin (20 km.), c'est-à-dire au commencement du mahgar Salamieh, d'un ouvrage régulateur (2 ouvertures de 2 1/4 m.); un peu après la traversée de cette partie désertique, au kilomètre 29, il lance dans les terres avoisinant le coteau une branche de dix kilomètres, nommée Hibel Sayalah, aboutissant au bassin Ahchi, après avoir franchi les digues des bassins Gabbanah, Hibel et Est-Karnak par des ouvrages de 3 mètres d'ouverture. Le plafond du Hibel Sayalah, à sa prise, est à 0,54 m. au-dessus de celui du canal Mahallah et a 4 mètres de largeur. Une seconde branche se sépare au kilomètre 29 du canal Mahallah, passe en siphon (2 ouvertures de 3,50 m.) sous le canal Bayadieh, au kilomètre 4 de ce canal, pour desservir sous le nom de Bayadieh Sayalah la région qui s'étend entre le canal Bayadieh et le Nil; elle a une vingtaine de kilomètres de longueur et aboutit, vers l'extrémité aval du bassin Ahchi, à un déversoir après avoir traversé au moyen de régulateurs les digues transversales des bassins Hibel (2 arches de 2 mètres) et Ouest-Karnak (2 arches de 2,20 m.). Un peu en amont de l'ouvrage régulateur de la digue aval du bassin Hibel se détache une autre branche encore plus rapprochée du Nil, le Sayalah Karnak de onze kilomètres de longueur, traversant la digue aval du bassin Ouest-Karnak par un régulateur (1 arche de 3 mètres), et aboutissant à un déversoir situé vers le milieu de la digue longitudinale du bassin Ahchi et pouvant, par cet ouvrage, donner de l'eau pour le nabari entre cette digue et le Nil. Cette branche a son plafond, de 4 mètres de largeur, à 0,54 m. au-dessus de celui du canal Mahallah. Une prise directe au Nil, sans ouvrage d'art, un peu en aval de la digue aval du bassin Ouest-Karnak permet, pendant les bonnes crues, de donner de l'eau rouge immédiatement dans le bief aval de cette branche.

Le canal Bayadieh a sa prise au kilomètre 764; son plafond a 15 mètres de largeur et prend l'eau lorsque le Nil est à une cote correspondant à 4,32 m. (8 pics) à l'échelle d'Assouan; il débite en moyenne 24,900 m³ par seconde pendant les mauvaisess crues, et 40,750 m³ pendant les crues moyennes; sa pente est de 0,04 m. par kilomètre; il traverse d'un bout à l'autre, dans leur milieu, les bassins Gabbanah, Hibel, Karnak et Ahchi;

il n'a pas d'ouvrage régulateur avant la digue aval du bassin Ahchi au kilomètre 23 de son cours (3 ouvertures de 3 mètres); c'est par cet ouvrage qu'il pénètre dans le système de bassins situé en aval. Un peu en aval de la digue transversale de Karnak (10,500 km.) deux petits canaux donnent la possibilité d'établir une communication entre le canal Bayadieh et les deux canaux de distribution, dits Sayalah Hibel et Sayalah Bayadieh, dérivés du canal Mahallah.

Dans cette chaîne de bassins, il y a trois déversoirs au Nil :

l'un (2 arches de 3 mètres) en aval du bassin Nord-Salamieh;

l'autre (2 arches de 2 mètres) à l'extrémité du Sayalah Karnak;

le troisième vers l'aval de bassin Ahchi (4 arches de 2,75 m.).

Enfin, il existe encore pour cette chaîne un ouvrage régulateur dans la digue aval du bassin Nord-Salamieh (2 arches de 3 mètres), à côté de celui du canal Mahallah, et un autre régulateur dans la digue aval du bassin Ahchi (3 arches de 2,25 m.), à côté de celui du canal Bayadieh.

Par un Nil bas de 7,45 m. (13 p. 19 k.) à l'échelle d'Assouan, le canal Killabieh, dans son dernier bief, monte juste à la surface du sol et peut, avec un peu de difficulté, mais sans qu'on ait à relever les eaux au moyen de barrages, arroser tout le terrain bordant le Nil. Avec un Nil de 7,85 m., l'arrosage est assuré pour les deux bassins Salamieh.

Quant au canal Mahallah, en Nil bas, il n'arrose pratiquement rien sur ses trente premiers kilomètres, soit jusqu'à l'entrée du bassin Hibel; mais, à partir de là, par les Sayalahs Hibel et Karnak, il commande toute la vallée. Enfin le canal Bayadieh ne peut donner d'eau que dans les parties basses ou centrales du bassin Ahchi, mais la partie est du bassin Ahchi peut être couverte sur 0,60 m. de hauteur par l'eau emmagasinée dans le Sayalah Bayadieh.

Dans une crue moyenne de 8,32 m. (15 p. 10 k.) à l'échelle d'Assouan, le canal Killabieh ne donne pas pratiquement beaucoup plus d'eau qu'en basse crue à cause de l'usage qui en est fait en amont. Quant au canal Mahallah, il commande le bassin Nord-Salamieh, ce qui permet de détourner une grande partie de l'eau du Killabieh dans le canal du siphon Qidah pour arroser les terrains longeant la berge du Nil; il domine en outre tous les bassins situés en aval du mahgar Salamieh. Enfin le canal Bayadieh ne peut guère servir que pour les bassins situés au nord du bassin Ahchi.

Supposons d'abord une mauvaise crue.

Les eaux du canal Killabieh seront maintenues en amont de la digue inférieure du bassin Sud-Salamieh, de façon à remplir les deux parties de ce bassin et à y rester emmagasinées. Un peu d'eau du canal Mahallah sera prise pour les parties basses du bassin Nord-Salamieh et y restera emmagasinée, le régulateur de la digue transversale aval de ce bassin étant hermétiquement fermé au moyen de poutrelles et de terre.

Vers le 8 septembre, on pourra laisser filtrer l'eau amenée par le Killabieh à travers les poutrelles du régulateur dans le bassin Nord-Salamieh, en maintenant le bassin Sud-Salamieh dans le voisinage de son plein niveau qui est fixé à l'altitude 78, 78. Ce supplément d'eau sera emmagasiné dans le bassin Nord-Salamieh.

Les bassins suivants seront alimentés par le canal Mahallah avec la plus grande précaution, sans aucune perte d'eau, mais de façon à mouiller autant que possible la terre et à diminuer l'absorption de l'eau par le sol au moment où sera complétée par l'inondation la vidange des bassins supérieurs. Le bassin Ahchi devra être rempli autant que possible en prenant soin de boucher hermétiquement avec de la terre le déversoir au Nil, le régulateur de la digue aval et en surveillant bien les berges du canal Bayadieh pour que l'eau emmagasinée ne trouve pas un écoulement par ce canal.

Lorsque l'époque de la vidange est venue, l'eau du bassin Sud-Salamieh servira à compléter l'inondation du bassin Nord-Salamieh qui devra être terminée au plus tard le 25 septembre; le bassin Sud-Salamieh pourra alors être ensemencé ; c'est un peu trop tôt, mais nécessaire dans l'intérêt des bassins inférieurs. Une fois le bassin Nord-Salamieh rempli, le régulateur du bassin Sud-Salamieh sera fermé et l'eau du Killabieh sera envoyée par le siphon sur la berge du Nil cultivée en nabari tant que le fleuve continuera à donner un peu d'eau.

Vers le 29 septembre la vidange du bassin Nord-Salamieh sera commencée, l'eau étant déchargée lentement dans le canal Mahallah pour augmenter son débit naturel et maintenir l'irrigation nabari qui en dépend.

Les bassins Hibel et Karnak (nous ne parlons pas du bassin Gabbanah qui n'a que très peu d'étendue et est surtout nabari) qui ne contiennent encore que très peu d'eau, seront portés au niveau normal le 25 septembre en fermant les deux régulateurs de la digue aval. Le 30 septembre, ces régulateurs seront ouverts et les bassins de Karnak portés à leur plein niveau pendant cinq jours. Le 4 octobre, ils seront vidés dans le bassin Ahchi dont toutes les ouvertures d'écoulement seront fermées pour permettre d'atteindre le plein niveau qui sera conservé pendant cinq jours en restant tout à fait indépendant du canal Bayadieh ; le bassin Ahchi sera déchargé dans les bassins inférieurs le 10 octobre.

Depuis le 25 septembre jusqu'au moment où le Nil ne donnera plus d'eau dans les canaux ou qu'il n'y aura plus d'eau disponible emmagasinée dans les bassins supérieurs, l'eau nabari continuera à passer dans le Sayalah Hibel du côté du désert et dans le Sayala Karnak du côté de la berge du Nil.

Supposons maintenant une année de crue moyenne.

Aussitôt que le Nil atteint 8, 10 m. (15 pics) à Assouan, si à ce moment

là l'époque du remplissage est déjà arrivée, tous les canaux d'alimentation reçoivent l'eau librement et, après que l'eau a atteint le niveau des terres nabari sur le bord du Nil et au pied du coteau par les branches du siphon Qibah, de Hibel et de Karnak, le surplus du débit est accumulé dans les bassins Nord-Salamieh, Sud-Salamieh, Hibel, Est-Karnak, Ouest-Karnak et Ahchi. Les régulateurs des bassins Nord-Salamieh, Est et Ouest-Karnak, Ahchi restent fermés, le remplissage se faisant par les canaux et par les autres ouvrages laissés ouverts : toutefois s'il y a, à un moment donné, excès d'eau dans un ou plusieurs bassins, la réglementation se fera en manœuvrant les ouvrages laissés fermés jusque-là, ainsi que les déversoirs au Nil. Comme le nabari dépendant de la branche du siphon Qibah est important, on réglera l'ouvrage qui se trouve à l'extrémité du canal Killabieh sur la digue aval du bassin Sud-Salamieh, de façon à maintenir le niveau de l'eau dans la branche du siphon Qibah à une hauteur suffisante pour l'irrigation de ces récoltes, soit à la cote 79.

Ainsi qu'il a été dit au chapitre précédent, les bassins ne sont pas élevés à leur plein niveau au moment du remplissage, mais seulement quelques jours avant la vidange. Les divers ouvrages du système sont suffisants pour assurer une bonne réglementation des hauteurs d'eau jusqu'à ce moment-là, pour créer un courant d'eau rouge à travers toute la chaîne pendant toute la durée de l'inondation et pour donner ensuite le niveau normal dans les bassins.

Dans une crue moyenne, avec un Nil baissant lentement vers la fin de septembre, la vidange est menée lentement, de façon à garder le plus longtemps possible dans les canaux Killabieh et Mahallah et dans leurs embranchements de l'eau d'irrigation pour le nabari.

A cet effet, le régulateur de la digue aval du bassin Ahchi reste fermé et le déversoir de ce bassin est ouvert en plein. La partie de ce bassin qui est située du côté du coteau se décharge dans le canal Bayadieh au moyen d'une coupure pratiquée dans ses berges en amont des régulateurs du mahgar Khouzam.

Prenons maintenant une forte crue.

L'eau du canal Killabieh est interceptée au moyen des régulateurs et des déversoirs supérieurs.

Le canal Mahallah, par une coupure faite sur sa rive droite aux environs de la prise ou un peu en amont du siphon Qibah, écoule librement son eau dans le lit du Killabieh, dans le bassin Nord-Salamieh et dans le canal du siphon Qibah. Le déversoir du bassin Nord-Salamieh est ouvert en plein et le régulateur du mahgar Salamieh est réglé de façon à ne laisser passer que l'eau nécessaire à l'arrosage des bassins Hibel et Karnak dans les conditions normales.

Quant au canal Bayadieh, dans une très forte crue, dont le niveau maximum atteint jusqu'à 0,90 m. au-dessus de la forte crue de 8,77 m. (16 p. 6 k.) prise comme type, comme tout le système ne peut supporter qu'une hauteur d'eau supplémentaire de 0,50 m. on établit à la prise de ce canal un petit barrage en pierres pour modérer son débit ; on donne ainsi l'eau au bassin Ahchi dans les conditions ordinaires et on ouvre son déversoir pour laisser écouler au Nil l'excès d'eau.

Le règlement des eaux pendant l'inondation et la vidange se feront à peu près dans les mêmes conditions que pour une crue moyenne.

Pour terminer l'étude de cette chaîne de bassins, il ne reste plus qu'à donner quelques détails sur les cultures nabari qu'on y pratique [1].

La bande de terrain comprise entre la prise du canal Mahallah et le siphon du Killabieh est nabari, ne pouvant être inondée; toute la partie qui s'étend entre le canal Mahallah et la branche du siphon Qibah, en aval du siphon, est également nabari, quoiqu'elle puisse être inondée de temps en temps.

On fait aussi au pied du désert, depuis la fin du mahgar Salamieh jusqu'au déversoir Nord-Salamieh, une assez grande quantité de nabari qu'on arrose au moyen de puits. En aval du mahgar Salamieh, tout le bassin Gabbanah est pratiquement nabari ainsi que la partie qui se trouve entre le Nil et le canal Bayadieh le long de la branche de Karnak, en amont de la digue transversale de Hibel. A gauche également de la branche de Karnak on cultive une quantité croissante de cannes à sucre, avec arrosage par élévation de l'eau du Nil après la crue, sur la limite du désert; dans les bassins Hibel et Est-Karnak, il y a aussi beaucoup de puits qui permettent de cultiver la canne à sucre.

Le nabari existe enfin le long de la digue du Nil dans le bassin Ahchi, surtout en amont du déversoir de la branche de Karnak. Dans la seconde moitié du bassin Ahchi le niveau de l'eau est normalement trop élevé pour qu'on puisse y faire du nabari.

On a déjà indiqué les mesures prises pour maintenir pendant et après l'inondation le débit des canaux et embranchements qui desservent ces cultures. Au commencement de la crue, les conditions dans lesquelles se trouve le canal Killabieh permettent d'y admettre l'eau dès que le Nil atteint 6,48 m. (12 pics) à l'échelle d'Assouan et de la lancer dans la branche du siphon Qidah, soit en moyenne vers le 8 août; le fellah élève alors cette eau jusqu'au niveau de ses champs. Le canal Mahallah alimente de même, dès la montée du Nil, les branches de Hibel et de Karnak.

[1] Les surfaces ordinairement cultivées en nabari sont marquées par des hachures sur la fig. 16.

DÉTAIL
des canau   branchements
aux envi   id
du Cana   id
id

NORD S   E

Ca
Guirge   s, siphons, déversoirs.)
s d'art ; ces arches ont généralement

l'eau dans les bassins.
partir du Barrage du Delta
terrains ordinairement consacres

Cote du plafond   ttourah   53,6   Cote du Nil, crue moyenne 50,85
id du Nil, cru   57,10   id   crue basse   49,85
" du Nil, cru   56,10

Ch. Béranger, Ed   Imp. Monrocq, PARIS   E. Oberlin Gr

GRANDE CHAINE DE BASSINS

Comme exemple d'une grande chaîne de bassins nous prendrons celle qui est désignée sous le nom de Nord-Sohag (voir pl. IV).

Elle est située sur la rive gauche du Nil et s'étend sur cent kilomètres environ de longueur entre Sohag (km 528), et Assiout (km 423), dans une région où la largeur de la vallée atteint une quinzaine de kilomètres. Elle comprend vingt-neuf bassins formant une surface totale de 81 000 hectares divisés comme il suit :

NOMS DES BASSINS	SUPERFICIE DES BASSINS
Hocheh Araba-Idfa	202 hectares.
Araba-Idfa	3 704 —
Gheriret Geheneh	1 785 —
Qilfaou	840 —
Baga	638 —
Gharizat	1 050 —
Hocheh Sahel Muefin	202 —
Aouled Nuser	252 —
Nag Tamana	1 008 —
Samarnah	3 895 —
Banaouit	4 452 —
Beni Hilal	849 —
Enebis	3 645 —
Saouamah	569 —
Banahou et Banagah	1 792 —
Est Kom Badr	3 652 —
Ouest Kom Badr	4 687 —
Hocheh Cheikh Zemeddin	367 —
Chattourah	750 —
Michta	465 —
Est Madmar	605 —
Ouest Madmar	2 117 —
Est Tima	403 —
Qaou	529 —
Sahel Qaou	304 —
Est Omdoumah	5 783 —
Ouest Omdoumah	4 054 —
Douer	4 340 —
Beni Smia	13 605 —
Zannar	14 662 —
Total	81 406 hectares.

Suivant les principes développés dans le chapitre précédent, les petits bassins sont dans la partie de la vallée la plus rapprochée du Nil et les derniers bassins de la série ont la surface la plus considérable.

Les digues transversales, surtout celles des grands bassins, sont hautes

et massives; celle du bassin Zannar est soutenue par un mur en maçonnerie. L'ensemble des digues qui entourent les bassins forme un réseau de 320 kilomètres environ.

Ce vaste système reçoit son eau par cinq canaux principaux : le Guirgaouieh, le Sohagieh, le canal Haouati, le canal de Tahta et le canal de Chattourah.

Le Guirgaouieh a sa prise au kilomètre 571 du Nil et il a un parcours de 31 kilomètres avant d'atteindre l'extrémité amont du système des bassins Nord-Sohag. Il a 18 mètres de largeur à sa prise, l'altitude de son lit correspond à une hauteur du Nil de 4,32 m. (8 pics) à l'échelle d'Assouan; sa pente est de 0,04 m. par mètre; il débite en moyenne 29 700 m³ par seconde en basse crue et 48 400 m³ par seconde en crue moyenne. Ce canal passe sous le canal Sohaghieh par un siphon ayant 4 arches de 3 mètres d'ouverture et se prolonge sur 18 kilomètres environ jusqu'à la digue aval du bassin Samarnah où il aboutit à deux régulateurs, l'un de 5 arches de 2,60 m. et l'autre de 3 arches irrégulières de 2,30 m. en moyenne. Il s'en détache deux branches importantes. L'une prend naissance à un kilomètre en aval du siphon du Sohaghieh sous le nom de canal de Qilfaou; son plafond, qui a 5 mètres de largeur est à 1,50 m. au-dessus du lit du Guirgaouieh, son ouvrage de prise a 2 arches de 3 mètres; cette branche passe tout de suite sous le canal de Tahta par un siphon ayant 2 arches de 2,50 m. d'ouverture et envoie plusieurs ramifications entre ce dernier canal et le Nil. L'autre branche prend naissance à la digue aval du bassin Nag Tamana, et porte le nom de canal Beni Hilal; son plafond est à 0,50 m. au-dessus du lit du canal Guirgaouieh, sa prise a une arche de 3 mètres d'ouverture et sa largeur au plafond est de 6 mètres; il passe sous le canal de Tahta au kilomètre 19 de ce dernier canal et porte ainsi les eaux du canal Guirgaouieh jusqu'à 55 kilomètres de sa prise au Nil et à 24 kilomètres du siphon du Sohaghieh, dans le bassin Beni Hilal.

Le canal Sohaghieh est un grand cours d'eau qui, partant du Nil à Sohag, au kilomètre 528, traverse la vallée, se déroule en contours sinueux au pied des pentes du désert sur une centaine de kilomètres d'un bout à l'autre du système Nord-Sohag et continue ensuite à couler sur environ 70 kilomètres à travers les bassins du système inférieur; il passe dans ce dernier système par un ouvrage régulateur ayant 5 arches de 3 mètres percé dans la digue aval du bassin Zannar. Le Sohaghieh a 80 mètres de largeur à sa prise; son plafond est au niveau du Nil, lorsque celui-ci atteint la cote de 4,32 m. (8 pics) à l'échelle d'Assouan; il a un ouvrage de prise composé de 21 arches de 3 mètres d'ouverture. Il peut débiter en moyenne de 230 à 350 mètres cubes par seconde pendant une mauvaise ou une moyenne crue. Il coule librement depuis sa prise sur 80 kilomètres

environ ; son premier ouvrage régulateur [1] (9 arches de 3 mètres) est à la traversée de la digue aval du bassin Beni Smia. Il serpente entre des digues formées d'un terrain sableux médiocrement résistant, d'un tracé irrégulier et souvent assez éloignées du lit du cours d'eau. Le Sohaghieh comporte des prises d'eau entre les kilomètres 32 et 45 pour l'alimentation des bassins Ouest-Kom Badr et Ouest-Omdoumah, sur sa rive gauche, et pour les bassins Est-Kom Badr et Est-Omdoumah, sur sa rive droite ; il alimente notamment le canal Karafchah qui traverse tout le bassin Kom Badr-Est et dont le prolongement est projeté jusqu'à la digue aval du bassin Omdoumah.

Le canal Haouati est un petit canal local qui part de l'embouchure du Sohaghieh, sur sa rive gauche, avec une prise de 2 arches de 3 mètres, un plafond de 7 mètres de largeur situé à 1 mètre au-dessus du lit du Sohaghieh et une pente de 0,04 m. par kilomètre ; il a 14 kilomètres environ de longueur, traverse tout le bassin Araba Idfa et aboutit par un déversoir (2 arches de 3 mètres) dans le Sohaghieh. Il débite en moyenne, par une basse crue 5,900 m^3 par seconde et par une moyenne crue 13,750 m^3 par seconde.

Le canal de Tahta a sa prise à un kilomètre plus bas que celle du Sohaghieh ; son ouvrage de tête a 4 arches de 3 mètres ; son plafond affleure à un niveau du Nil correspondant à 4,32 m. (8 pics) à l'échelle d'Assouan ; il a 15 mètres de largeur et une pente de 0,04 m. par kilomètre. Il débite en moyenne, par une basse crue, 25 mètres cubes par seconde et par une crue moyenne 40,750 m^3. Son cours se maintient dans la chaîne des bassins rapprochés du Nil et il aboutit au kilomètre 38 à un ouvrage régulateur de 3 arches de 2,20 m. d'ouverture qui le fait pénétrer dans le bassin Madmar au travers de la digue aval du bassin Banagah. Son premier ouvrage régulateur (3 arches de 2,35 m.) est au kilomètre 28,500, à la traversée de la digue aval du bassin Enebis ; il franchit en outre la digue aval du bassin Banahou par un régulateur de mêmes dimensions. La largeur du plafond qui était de 15 mètres à la prise est réduite progressivement à 7 mètres à son extrémité. Au kilomètre 26 prend naissance un embranchement important de 25 kilomètres destiné à l'alimentation des bassins en bordure du Nil : sa prise est formée par un ouvrage de 2 arches de 3 mètres ; son plafond (9 mètres de largeur) est à 0,50 m. au-dessus du lit du canal de Tahta ; il passe sous le canal Chattourah par un siphon (2 tuyaux de 1,30 m. de diamètre) et se termine dans le bassin Qaou où il entre par un régulateur (1 arche de 3 mètres) ; à partir du siphon du Chattourah la largeur du plafond est réduite à 6 mètres et le lit relevé de 0,50 m. Il y a en outre le

[1] On est en train de construire un autre pont barrage au kilomètre 20, à l'endroit nommé Talihat.

long du canal de Tahta plusieurs autres prises d'eau dont une pour le bassin Samanah, une pour le bassin Enebis, une autre pour le bassin Est-Kom Badr.

Le canal Chattourah a sa prise au kilomètre 488 du Nil; son plafond (9 mètres de largeur) correspond à une hauteur du Nil de 4,86 m. (9 pics) à l'échelle d'Assouan; sa pente est de 0,04 m. par kilomètre; il débite en moyenne 10 mètres cubes par seconde en basse crue et 20,300 m^3 par seconde en crue moyenne. Son tracé est presque en ligne droite, à peu de distance du Nil, et sa longueur est de 35 kilomètres. Il se termine par un régulateur de 3 mètres d'ouverture auprès du village d'Aboutig vers l'extrémité aval du bassin Beni Smia. Son premier régulateur (2 arches de 3 mètres) se trouve au kilomètre 15, à la traversée de la digue du bassin Tima, juste en aval d'une prise d'eau (2 arches de 3 mètres) qui débouche dans le bassin Tima sur la rive gauche du canal. Un second régulateur se trouve à la traversée de la digue du bassin Douer (1 arche de 3 mètres). Il a deux petits embranchements à droite et à gauche dans la partie haute du bassin Douer.

Le mouvement et la répartition des eaux dans ce vaste ensemble de bassins est en outre assuré par un certain nombre d'ouvrages régulateurs percés dans les digues des bassins et d'ouvrages de prise répartis le long des canaux et de leurs embranchements. Tous ces ouvrages sont indiqués sur la carte de la planche IV.

Quant à la vidange, elle se fait par deux voies différentes :

1° Par une série de déversoirs se déchargeant directement dans le Nil et qui sont :

Le déversoir du bassin Tima (3 mètres d'ouverture) ;

Le déversoir d'Aboutig, au sud du bassin Beni Smia (15 arches de 3 mètres) ;

Les déversoirs de Choutb (3 arches de 3 mètres), de Selim (3 arches de 3 mètres) et de Matia (2 arches de 3,95 m.) dans le bassin Zannar.

2° Par deux déversoirs se déchargeant dans le Sohaghieh qui entraîne les eaux des bassins supérieurs jusque dans les deux grands bassins Beni Smia et Zannar, d'où elles sont rejetées soit dans le Nil par les déversoirs dont nous avons parlé plus haut, soit dans les bassins de la chaîne suivante, par le régulateur de la digue aval du bassin Zannar.

Ces deux déversoirs desservant les bassins situés sur la rive gauche du Sohaghieh sont :

Le déversoir du bassin Araba-Idfa (2 arches de 3 mètres.) ;

Le déversoir du bassin Omdoumah-Ouest (4 arches de 3 mètres).

Pour compléter cette description, ajoutons que la chaîne des bassins d'amont Sud-Sohag peut être mise en communication avec la chaîne Nord-Sohag par deux régulateurs établis dans la digue séparative des deux systèmes et ayant ensemble six arches de 2,40 m. d'ouverture. Un déversoir

des bassins d'amont débouche en outre dans le Sohaghieh entre le Nil et l'ouvrage de prise et conduit ainsi la vidange du système supérieur dans le fleuve par l'embouchure même du Sohaghieh. Enfin un siphon formé d'un tuyau de 1,50 m. de diamètre et passant sous le canal Haouati permet de faire écouler dans la partie haute du bassin Araba-Idfa l'eau du bassin Ouest-Sohag pour la culture nabari.

D'une façon générale, la partie située entre le Nil et le Sohaghieh jusqu'au bassin Enebis est principalement arrosée par les eaux provenant du canal Guirgaouieh ; les terres situées à gauche du Sohaghieh, dans les deux bassins Araba-Idfa et Gharizat, par le canal Haouati ; les six grands bassins inférieurs, Ouest-Kom Badr, Ouest-Omdoumah, Est-Kom Badr, Est-Omdoumah, Beni Smia et Zannar par le Sohaghieh ; les bassins en bordure du Nil depuis Gheziret Muefin jusqu'à Tima et le bassin Enebis, par le canal de Tahta ; les terrains voisins du Nil entre Tima et Aboutig, par le canal Chattourah.

Toutefois les règles à suivre pour le remplissage et la vidange varient beaucoup suivant l'intensité et la durée des crues.

Prenons d'abord une basse crue correspondant, comme il a été dit au chapitre précédent, à une hauteur moyenne du Nil de 7,45 m. (13 pics 19 k.) à l'échelle d'Assouan.

L'eau du Guirgaouieh passant en siphon sous le Sohaghieh commande tous les terrains situés au nord de ce dernier canal même les plus hautes terres des bords du Nil, et elle pourrait servir à remplir tous les bassins de la chaîne si le débit n'en était pas tout à fait insuffisant en temps de basse crue. Toutefois les bassins spécialement irrigués par ce canal et que le canal de Tahta ne peut dominer sont tous les bassins voisins du Nil jusqu'au Saouamah, les bassins Aouled Nuser et Nag Tamana et les terres situées entre le canal de Tahta et le Sohaghieh sur 12 kilomètres, les bassins Samarnah et Benaouit.

Le canal de Tahta dessert la moitié inférieure du bassin Benaouit, tout le bassin Enebis, la moitié inférieure des bassins Beni Hilal et Saouamah et tous les bassins situés en aval de son vingt-quatrième kilomètre : le Banahou, le Banagah, le Madmar et toute la bordure du Nil depuis l'embouchure du canal Chattourah jusqu'à Tima entre le Nil et le chemin de fer.

Le canal Haouati ne commande pour ainsi dire rien, l'altitude des terres qui dépendent de lui étant à la cote 60 mètres et plus et celle de la basse crue à Sohag étant seulement 59,42.

Le Sohaghieh ne domine rien du tout jusqu'à ce qu'il atteigne les bassins Kom Badr-Est et Ouest ; il peut couvrir d'eau le fond de ces deux bassins ainsi que des deux bassins Omdoumah et inonder les deux grands bassins inférieurs.

Le canal Chattourah n'est d'aucune utilité jusqu'au kilomètre 15,500. A partir de ce point, il commande les terres basses du bassin Est-Omdoumah, le bassin Douer tout entier et la bordure du Nil de Tima à Aboutig.

Dans ces conditions, aussitôt qu'une basse crue est déclarée, c'est-à-dire fin août, les eaux venant du Guirgaouieh sont dirigées de façon à être emmagasinées dans le bassin Samarnah dont les ouvrages régulateurs d'aval sont soigneusement bouchés pour éviter toute perte d'eau ; l'embranchement de Qilfaou reste ouvert pour les besoins des terres qu'il dessert et celui de Beni Hilal est réglé pour les cultures nabari situées le long de son parcours et dans les parties hautes du bassin Banaouit.

Quant au canal de Tahta, on le ferme au passage de la digue du bassin Barnahou et ses eaux sont réparties entre le bassin Enebis et l'embranchement de Qaou. Les ouvertures d'aval des bassins Enebis sont bouchées hermétiquement ; les communications entre ce bassin et le bassin Benaouit restent toutefois ouvertes pour que le surplus de l'eau puisse profiter dans une certaine mesure aux bas-fonds de ce bassin. L'embranchement de Qaou coule de façon à compléter l'inondation de tous les bassins qui en dépendent le long du Nil depuis le bassin Banagah jusqu'au bassin de Tima-Est. Le bassin Madmar reste soigneusement fermé et ne reçoit d'eau du canal de Tahta qu'après la seconde quinzaine de septembre, si possible.

Le canal Sohaghieh coule librement, un cinquième de son débit étant réservé pour les bassins de la chaîne aval. Les bassins Zannar et Beni Smia sont remplis ensemble, le premier restant à 0,50 m. au-dessous de son niveau plein et le second poussé jusqu'à son plein niveau ; ceci permet de maintenir le niveau du Sohaghieh à une hauteur suffisante en face des bassins Kom Badr et Omdoumah pour qu'ils puissent en prendre une certaine quantité d'eau.

Le canal Chattourah coule librement dans les bassins Madmar et Est-Omdoumah et remplit le bassin Douer ; on en détourne une petite quantité d'eau pour le nabari des terres hautes de Douer et Beni Smia à l'est du chemin de fer, mais ce canal n'est pas mis en communication avec le bassin Beni Smia.

Le 10 octobre, au moment où doit commencer la vidange, la situation sera à peu près la suivante :

Les bassins dépendant du canal Haouati seront à peu près à sec, le bassin Samarnah sera à 0,35 m. au-dessous de son plein niveau et contiendra 20 000 000 de mètres cubes d'eau.

Les bassins en bordure du Nil depuis le bassin Beni Hilal jusqu'à Tima seront complètement inondés.

Le bassin Douer sera à peu près plein.

Le bassin Beni Smia sera à 0,25 m. au-dessous de son plein niveau.

Les quatre bassins sur le Sohaghieh (Est et Ouest-Kom Badr, Est et Ouest-Omdoumah) seront remplis aux deux tiers.

Vers le 25 septembre, on doit examiner si, pour compléter l'inondation du système il n'y a pas lieu de barrer le Sohaghieh à l'extrémité aval du bassin Samarnah pour détourner ses eaux dans les bassins Banaouit, Enebis, etc., comme cela a été fait dans les très faibles crues de 1888 et de 1899; mais il ne faut le faire que s'il n'y a aucun danger de voir se rompre les digues de ce bassin le long du Sohaghieh par suite de la forte pression qui résulte de ce que, le bassin Samarnah étant à la cote 60,00, le Sohaghieh sera abaissé par le barrage à la cote 55,50, à l'extrémité aval de ce bassin[1].

Étant donnée la répartition des eaux d'inondation qui vient d'être indiquée à la date du 10 octobre, le problème à résoudre consiste à utiliser les eaux ainsi emmagasinées, ainsi que celles qui peuvent venir de la vidange des bassins du système supérieur et du Guirgaouieh, de façon à faire monter chacun des bassins, au moins pour quelques jours, à son plein niveau ou à un niveau approchant. Des instructions très détaillées sont entre les mains des ingénieurs prescrivant les ouvrages à ouvrir et à fermer successivement, les canaux à barrer, les digues à couper, les dates auxquelles toutes ces opérations doivent être faites, ainsi que les ouvrages dont le débit doit être réglé pour l'irrigation des cultures nabari.

Il serait fastidieux d'entrer dans le détail de toutes ces opérations qui s'étendent du 10 au 25 octobre et dont les grandes lignes sont les suivantes.

Le siphon sous le Sohaghieh étant ouvert en plein, on complète tout de suite l'inondation du bassin Samarnah qui passe ensuite par le régulateur dans le bassin Banaouit, puis dans le bassin Enebis pour le compléter; on donne en même temps la petite quantité d'eau nécessaire pour les bassins qui dépendent de l'embranchement Qilfaou et pour le nabari de ce côté.

On ferme la prise du canal de Tahta qui ne sert plus alors qu'à assurer le mouvement des eaux entre les bassins à vider et ceux à remplir, et à donner l'eau d'irrigation au nabari des terres voisines du Nil, ainsi qu'à maintenir le plein niveau dans la série des petits bassins compris entre le canal Chattourah et le Nil. Les eaux du bassin Enebis sont ensuite déchargées dans le bassin Est-Kom Badr, puis dans le bassin Est-Omdoumah pour en compléter l'inondation; en même temps les eaux du bassin Enebis s'écoulant par le canal de Tahta se rendent à travers le bassin Madmar, non encore rempli, dans le bassin Omdoumah-Est. Au même moment, la prise du canal Chattourah est fermée et le lit de ce canal sert à activer le passage des eaux d'un bassin dans l'autre; par des coupures faites sur sa rive droite et sur la rive droite du canal de Tahta, on augmente

[1] La construction de ce barrage provisoire sera rendue inutile lorsque le régulateur de Talihat aura été achevé.

leur débit des eaux de vidange des petits bassins bordant le Nil et on les déverse par le bassin Douer dans le bassin Beni Smia. Le bassin Est-Omdoumah étant amené alors dans les environs du plein niveau, ses eaux passeront par le bassin Douer dans le bassin Beni Smia. Il reste encore à compléter l'inondation des deux bassins Ouest-Kom Badr et Ouest-Omdoumah. Pour cela, lorsque les deux bassins Est-Kom Badr et Est-Omdoumah auront été maintenus à leur plein niveau du 16 au 22 octobre, on les déchargera par une large coupure dans le Sohaghieh dont le niveau, ainsi surélevé, permettra de remplir ces deux bassins qu'on videra ensuite dans le Sohaghieh par le déversoir aval du bassin Ouest-Omdoumah.

Du 10 au 20 octobre, le Sohaghieh, avec son débit de vingt millions de mètres cubes par jour, aura suffi pour achever le remplissage du bassin Beni Smia, qui se videra dans le bassin Zannar déjà presque rempli, et le tout s'écoulera par le régulateur d'Assiout dans les bassins situés au nord de cette ville et, si nécessaire, par les déversoirs au Nil situés le long de la digue du Zannar.

Quant aux bassins Araba Idfa situés à l'origine du système sur la rive gauche du Sohaghieh, ils seront remplis par la vidange des bassins situés au sud de Sohag.

Il a été parlé plus haut de l'éventualité de la construction d'un barrage provisoire en travers du Sohaghieh pour inonder les bassins de la région de Tahta et de Tima ; il est intéressant de rappeler en quelques mots comment ce barrage fut construit en 1899 auprès du village de Talihat. La prise du Sohaghieh fut fermée le matin du 19 septembre ; le 20, on commençait le travail ; le 23, c'était fini. Le 24 et le 25 la prise fut graduellement réouverte et le matin du 26, ouverte en plein. 4 000 hommes travaillaient jour et nuit, on exécuta 20 000 mètres cubes de terrassement et on employa 16 000 sacs à terre. La longueur du barrage était de 163 mètres et la charge d'eau maxima qu'il eut à supporter fut de 4 mètres. Après que l'inondation des bassins de chaque côté du Sohaghieh fut complète, le barrage fut ouvert le matin du 10 octobre et tout le débit du Sohaghieh alla dans le bassin Beni Smia qui était devenu à peu près à sec. C'est ce travail considérable et toujours aléatoire que supprimera la construction de l'ouvrage de Talihat aujourd'hui en cours d'exécution.

Considérons maintenant une crue moyenne de 8,32 m. (15 p. 10 k.) à l'échelle d'Assouan.

Le Guirgaouieh montera plus haut que le sol de tous les premiers bassins de la chaîne. Le canal de Tahta dominera les bassins Beni Hilal et Saouamah, ainsi que la partie inférieure du bassin Muefin et il irriguera toutes les terres au nord de son vingt-huitième kilomètre. Le Sohaghieh ne s'élèvera dans les deux premiers bassins de sa rive gauche et dans le tiers

supérieur de Ouest-Kom Badr et de Ouest-Omdoumah que lorsqu'il sera gonflé par la vidange du Samarnah, du Benaouit et de l'Enebis ou par le remous du Beni Smia rempli à la cote 55.00, soit à son plein niveau. Le canal Chattourah inondera seulement la partie inférieure du bassin Madmar, mais il commandera bien le bassin Est-Omdoumah et toute la bordure du Nil depuis Michta jusqu'à Aboutig, ainsi que le bassin Douer.

Dans ces conditions, les eaux du Guirgaouieh seront distribuées, en tenant compte des surfaces plantées en nabari, dans les bassins desservis par le canal Qilfaou (les eaux de ce canal seront relevées convenablement par le moyen du régulateur de Nag Tamana), et dans les bassins de Samarnah, Benaouit et Beni Hilal, soit dans tous les bassins qui dépendent de cette source d'alimentation.

Quant au canal de Tahta, il donnera l'eau dans le bassin Saouamah, dans la partie inférieure du bassin Beni Hilal, dans les bassins Banaouit, Enebis, et Banagah, ainsi que dans le bassin Madmar après que les eaux du canal Chattourah en auront rempli les parties basses. L'embranchement de Qaou coulera à pleins bords et arrosera les bassins en bordure du Nil jusqu'à Tima.

Le canal Chattourah commencera le remplissage des bassins Madmar et Est-Omdoumah et fera passer de grandes quantités d'eau dans le bassin Douer, le reste de son débit étant distribué sur les terrains en bordure du Nil. Le Sohaghieh, alimenté en grand, remplira rapidement les bassins qui en dépendent. Le canal Haouati débitera sans interruption, le surplus d'eau des deux bassins qu'il alimente revenant au Sohaghieh par le déversoir situé à l'aval du bassin Gharizat.

La vidange des divers groupes du système s'effectuera comme il suit :

1° Le bassin de Gheziret Muefin, par une coupure dans la digue du Nil ;

2° Le bassin Araba Idfa, par son déversoir sur le Sohaghieh ; le bassin Gharizat, en partie par le même déversoir, la communication entre les deux bassins étant laissée libre, et le reste par une coupure pratiquée dans la digue du Sohaghieh ;

3° Les bassins en amont du Samarnah, par le moyen de coupures faites dans les berges du canal Aouled Nuser, dans le Samarnah et de là dans le Benaouit ;

4° Le Benaouit et l'Enebis, par des coupures de digues, dans le Sohaghieh, et en grande partie aussi dans le bassin Est-Kom Badr par le régulateur de la digue aval du bassin Enebis ; de ce dernier bassin l'eau passera en partie dans le bassin Omdoumah-Est par un régulateur, en partie dans le Sohaghieh par une coupure de digue. L'Omdoumah-Est se videra par le bassin Douer et par le bassin Beni Smia au moyen des régulateurs ; l'Omdoumah-

Ouest, par son déversoir dans le Sohaghieh, après avoir reçu le produit du Ouest-Kom Badr par une coupure faite dans leur digue séparatrice. Le Beni Smia se déchargera dans le Nil par le grand déversoir d'Aboutig. Enfin le bassin Zannar se déversera aussi dans le Nil par les ouvrages de Selim, Choutb et Motia. De cette façon, toutes les eaux du système Nord-Sohag peuvent être rendues au fleuve sans passer par les bassins du système inférieur.

Tous les petits bassins en bordure du Nil y seront déversés directement par des coupures faites dans la digue longitudinale ; toutefois entre Tima et Aboutig, leurs eaux peuvent s'écouler par le bassin Beni Smia au moyen des ponts du chemin de fer.

Toute la vidange peut ainsi s'opérer entre le 10 et le 25 octobre.

Il n'y a que peu de points dans ce vaste système pour lesquels il ne soit pas établi de moyens suffisants de régler le niveau et le mouvement des eaux en assurant une bonne circulation d'eau rouge pendant la période comprise entre le remplissage et la vidange ; ce sont les bassins Ouest-Kom Badr, Saouamah, Aouled Nuser, Gheziret Muéfin et Gharizat. On est obligé, dans ces bassins, de surveiller soigneusement l'alimentation pour éviter les accidents ; car une fois que l'eau y est enfermée, on ne peut la retirer qu'au moment de la vidange et il n'est pas possible d'en abaisser le niveau par des manœuvres de régulateurs.

Pendant les fortes crues, le débit du Guirgaouieh peut être réduit à volonté au siphon du Sohaghieh ; celui du canal de Tahta, du Sohaghieh, du canal Haonati, par la manœuvre de leurs ouvrages de tête ; celui du canal Chattourah, par la construction d'un barrage provisoire en pierres. Il n'y a aucune crainte d'être gagné par l'eau, car le déversoir d'Aboutig permet de la retourner sans difficulté au Nil dont le niveau maximum sera à 0,50 m. environ au-dessous du plein niveau du bassin Beni Smia. De même le bassin Zannar pourra toujours écouler ses eaux, car son niveau normal est à 1,30 m. au-dessus du niveau maximum du Nil au droit de ses déversoirs.

Dans la chaîne des bassins Nord-Sohag, le *nabari* est assez irrégulièrement réparti. Il y en a très peu le long des grands bassins d'aval, le Beni Smia et le Zannar, où il n'est guère cultivé qu'entre la digue du Nil et le fleuve, parce que l'inondation doit être maintenue haute dans ces bassins comme conséquence du mouvement général des eaux du système. Au contraire, le *nabari* est beaucoup plus étendu dans la partie sud de la chaîne, notamment entre le Sohaghieh et le canal de Tahta sur les dix premiers kilomètres, au sud du bassin Araba Idfa, entre les deux digues du Sohaghieh jusqu'au bassin Beni Smia, dans l'angle d'amont des bassins Est-Kom Badr et Ouest-Omdoumah qui ne peuvent pas toujours recevoir une

bonne inondation, et enfin sur les bords du Nil, notamment en face de Tahta et dans les petits bassins situés entre le canal Chattourah et le Nil. Le nabari est disséminé sur ces petits bassins chaque année à des places différentes et sur des surfaces variables, de façon à faire profiter les terres des bénéfices du limon de l'inondation de temps en temps. Mais les dispositions de l'alimentation du système ne permettent de donner l'eau d'arrosage à toutes ces surfaces nabari ni de bonne heure avant le remplissage des bassins, ni tard après la vidange.

Les endroits où l'on fait ordinairement du nabari sont indiqués par une teinte verte sur la carte des bassins Nord-Sohag (pl. IV); mais, sauf sur les points spécialement réservés pour cette culture et protégés par des digues permanentes qui les séparent des bassins d'inondation, elle ne se pratique pas chaque année sur la totalité des surfaces teintées.

ENSEMBLE DES BASSINS D'INONDATION DE L'ÉGYPTE

Le système de culture par bassins d'inondation s'étend sur les deux rives du Nil, depuis l'extrémité méridionale de l'Égypte jusqu'aux abords du Caire.

Cela ne veut pas dire que cette région soit exclusivement mise en valeur par l'inondation. Mais, à l'exception de la longue bande de terrains desservie par le canal Ibrahimieh dans les provinces d'Assiout, de Minieh et de Benisouef, les terres, aussi bien celles soumises à l'inondation que celles consacrées à l'irrigation, n'y sont desservies que par des canaux prenant l'eau non pas toute l'année, mais seulement lorsque le fleuve en crue atteint un certain niveau correspondant au minimum à une hauteur de 4,32 m. (8 pics) à l'échelle d'Assouan. Donc, dans toute cette région, les terres ne peuvent être cultivées par irrigation que pour des récoltes végétant pendant la période des hautes eaux, à moins que les particuliers ne pourvoient eux-mêmes aux installations et aux dépenses d'élévation d'eau en dehors de cette période de l'année. C'est ce qui se fait, au moyen de pompes à vapeur plus ou moins puissantes, sur certains points des terres hautes bordant le Nil ou sur des îles; c'est ce qui se fait encore dans les terrains bas des bassins, pour les cultures *qedi*, au moyen de puits creusés jusqu'à la nappe souterraine et de machines élévatoires mues par les hommes ou par les animaux.

En un mot, dans toute cette partie de l'Égypte, exception faite pour les terres arrosées par le canal Ibrahimieh, le gouvernement ne fournit l'eau au cultivateur par des canaux que pendant la période des hautes eaux.

Sur la rive gauche, à part quelques parcelles isolées peu importantes, situées au sud de la prise du canal Ramadi, c'est-à-dire depuis le kilo-

mètre 893 du Nil jusqu'au kilomètre 8 de la branche de Rosette, les bassins forment une chaîne continue dont chaque série peut prêter son aide à la série suivante tant pour l'alimentation que pour la vidange, ainsi qu'il a été montré dans les exemples précédents.

Une description complète de tout cet ensemble de bassins sortirait du cadre de cet ouvrage et ne présenterait guère d'intérêt général. Il convient cependant de signaler quelques particularités de la longue suite de bassins qui s'étend entre Assiout et la province de Ghizeh, du kilomètre 423 au kilomètre 117 du Nil, soit sur une longueur de 306 kilomètres (voir planche V).

Un grand canal d'irrigation permanente, le canal Ibrahimieh, parcourt cette région d'un bout à l'autre, parallèlement au Nil et près de sa rive. A 61 kilomètres de sa prise se détache de ce canal un cours d'eau, appelé Bahr Yousef, lit d'un ancienne dérivation du Nil, qui se déroule en replis tortueux sur 276 kilomètres de longueur dans le voisinage du désert et qui porte ensuite ses eaux dans la province du Fayoum. Une digue longitudinale de 200 kilomètres coupe en deux parties à peu près égales la vallée dont la largeur varie de 10 à 20 kilomètres. Entre cette digue et la digue du Nil se trouve ainsi isolée du reste de la vallée, et maintenue en dehors de l'inondation, une bande de terrain, desservie par le canal Ibrahimieh, qui est consacrée uniquement à la culture d'irrigation. Cette bande sépare du Nil, sur 200 kilomètres, la chaîne des bassins qui règne sur le reste de la vallée entre la digue longitudinale de protection des cultures irriguées[1] et le désert.

La chaîne de bassins en question se trouve donc dans la situation suivante : Sur les cent premiers kilomètres à partir d'Assiout, elle est coupée en deux parties inégales par le canal Ibrahimieh, les bassins compris entre le Nil et le canal étant de beaucoup les moins importants, et, sur les deux cents kilomètres suivants, elle est séparée du Nil par des terres irriguées occupant plusieurs kilomètres de largeur. De ces dispositions dérivent des conditions spéciales d'alimentation et de vidange pour l'ensemble de cette série de bassins qui embrasse une surface de 230 000 hectares.

Les bassins compris entre l'Ibrahimieh et le Nil depuis l'origine du canal jusqu'au commencement de la zone d'irrigation, soit sur une longueur de cent kilomètres environ, ne représentent qu'une surface totale de 10 000 hectares; ils reçoivent l'eau d'inondation les uns par de petits canaux dérivés du Nil, les autres par des prises faites sur le canal Ibrahimieh. La vidange se fait directement dans le Nil par des coupures de digues ou par des déversoirs.

[1] Cette digue s'appelle digue « Mohit ».

NIL)

N

FAYOUM

Lac Keroun

el Garak

Ouady Sanlah

Sanhour

Ouady Tamieh

Senoures

Fayoum

Tamieh

Drain Nord Ouest

B. el Kousieh

B. el Maharraq

B. Beni Rafi

B. el Masraoui

B. el Mallah

Assiout

C. Sohaghieh

B. Zennar

423k

B. Beni kelb

C. Ibrahimieh

B. Sultani

B. Ninah

B. Nuerah

B. Bahr Yousef

B. Kocheicha

el Lahoun

151k

Benisouef

C. Ibrahimieh

C. Magnounah

117k

B. Kekka

PROV

PROVINCE DE BENISOUEF

PROVINCE DE GHIZEH

Deversoir de Kocheicha

Ch. Béranger, Editeur à Paris. Ed. Oberlin, Gr.

mètre 893 du Nil jusqu'au kilomètre 8 de la branche de Rosette, les bassins forment une chaîne continue dont chaque série peut prêter son aide à la série suivante tant pour l'alimentation que pour la vidange, ainsi qu'il a été montré dans les exemples précédents.

Une description complète de tout cet ensemble de bassins sortirait du cadre de cet ouvrage et ne présenterait guère d'intérêt général. Il convient cependant de signaler quelques particularités de la longue suite de bassins qui s'étend entre Assiout et la province de Ghizeh, du kilomètre 423 au kilomètre 117 du Nil, soit sur une longueur de 306 kilomètres (voir planche V).

Un grand canal d'irrigation permanente, le canal Ibrahimieh, parcourt cette région d'un bout à l'autre, parallèlement au Nil et près de sa rive. A 61 kilomètres de sa prise se détache de ce canal un cours d'eau, appelé Bahr Yousef, lit d'un ancienne dérivation du Nil, qui se déroule en replis tortueux sur 276 kilomètres de longueur dans le voisinage du désert et qui porte ensuite ses eaux dans la province du Fayoum. Une digue longitudinale de 200 kilomètres coupe en deux parties à peu près égales la vallée dont la largeur varie de 10 à 20 kilomètres. Entre cette digue et la digue du Nil se trouve ainsi isolée du reste de la vallée, et maintenue en dehors de l'inondation, une bande de terrain, desservie par le canal Ibrahimieh, qui est consacrée uniquement à la culture d'irrigation. Cette bande sépare du Nil, sur 200 kilomètres, la chaîne des bassins qui règne sur le reste de la vallée entre la digue longitudinale de protection des cultures irriguées[1] et le désert.

La chaîne de bassins en question se trouve donc dans la situation suivante : Sur les cent premiers kilomètres à partir d'Assiout, elle est coupée en deux parties inégales par le canal Ibrahimieh, les bassins compris entre le Nil et le canal étant de beaucoup les moins importants, et, sur les deux cents kilomètres suivants, elle est séparée du Nil par des terres irriguées occupant plusieurs kilomètres de largeur. De ces dispositions dérivent des conditions spéciales d'alimentation et de vidange pour l'ensemble de cette série de bassins qui embrasse une surface de 230 000 hectares.

Les bassins compris entre l'Ibrahimieh et le Nil depuis l'origine du canal jusqu'au commencement de la zone d'irrigation, soit sur une longueur de cent kilomètres environ, ne représentent qu'une surface totale de 10 000 hectares; ils reçoivent l'eau d'inondation les uns par de petits canaux dérivés du Nil, les autres par des prises faites sur le canal Ibrahimieh. La vidange se fait directement dans le Nil par des coupures de digues ou par des déversoirs.

[1] Cette digue s'appelle digue « Mohit ».

NIL)

N

FAYOUM

Lac Keroun

el Garaq

Nezlah

Ouady

Sanhour

Fayoum

Senoures

Tamieh

Drain Nord Ouest

el Lahoun

B. el Kousieh

B. el Maharraq

B. Beni Rafi

B. el Masraoui

B. el Mallah

Assiout

C. Sohaghieh

B. Zennar

423k

C. Ibrahimieh

B. Beni kelb

B. Sultani

B. Ninah

Bahr Yousef

B. Nuerah

B. Kocheicha

C. Ibrahimieh

151k

Benisouef

PROV

PROVINCE DE BENISOUEF

C. Magnounah

117k

B. Rekka

PROVINCE DE GHIZEH

Deversoir de Kocheicha

Ch. Béranger, Editeur à Paris.   Ed. Oberlin, Gr.

Les bassins situés entre le canal Ibrahimieh et le désert jusqu'au point d'embranchement du Bahr Yousef sont alimentés au moyen des eaux provenant du système supérieur et amenées par le Sohaghieh ; les derniers de ces bassins reçoivent aussi de l'eau du canal Ibrahimieh par la prise du bassin Delgaoui à Dérout (kilomètre 61).

Quant au reste de la chaîne, le canal Ibrahimieh lui apporte l'eau d'inondation par le Bahr Yousef (ouvrage de prise de 5 arches de 3 mètres), par le canal Déroutieh, par le canal Sabakah et par plusieurs autres prises moins importantes.

Pendant longtemps, toute cette longue chaîne de bassins ne recevait ainsi qu'une eau dont le limon s'était peu à peu déposé soit le long du Bahr Yousef, soit dans les premiers bassins, de telle sorte que le sol s'en était progressivement appauvri ; mais dans ces vingt dernières années, six canaux d'alimentation directe ont été creusés, au travers de la zone d'irrigation, entre le Nil et les bassins, les deux premiers, le canal Etsa (10 mètres de largeur) et le canal Abou-Bakarah (20 mètres de largeur), vers le milieu de la chaîne, et les quatre autres, le canal Sultani (25 mètres de largeur), le canal Ninah (6 mètres de largeur), le canal Bahabchine (18 mètres de largeur) et le canal Magnounah (6 mètres de largeur), vers l'extrémité aval de la chaîne. Ces canaux sont endigués jusqu'au-dessus du niveau des crues de façon à ce que les terres irriguées qu'ils traversent ne soient pas noyées ; ils franchissent par des siphons le canal Ibrahimieh et par des régulateurs la digue longitudinale séparative des terres irriguées et des bassins. Ils ont beaucoup contribué à améliorer la qualité des terres des bassins en augmentant la quantité de limon qui y est apportée chaque année. Ces canaux peuvent aussi être utilisés, à contre-pente, dans une certaine mesure et lorsque le niveau du Nil le permet, à la vidange partielle des bassins. Enfin, pendant la saison des basses eaux, ils servent encore au drainage des terres d'irrigation qui sont situées sur la rive gauche du canal Ibrahimieh ; ils évacuent ces eaux de colature dans le Nil lui-même.

Ainsi, dans cette région, les canaux sont employés à des usages très différents suivant les saisons ; les uns, comme le canal Ibrahimieh et le canal Déroutieh, donnent l'irrigation permanente sur certaines terres et apportent en même temps, pendant la crue, l'inondation sur les surfaces aménagées en bassins ; de son côté, le Bahr Yousef arrose toute l'année la province entière du Fayoum, et sert pendant la crue à submerger plus de 200 000 hectares. Enfin, les canaux directs d'alimentation dont il vient d'être parlé sont à la fois des canaux d'inondation, des canaux de vidange et des canaux de colature suivant la saison.

Les principes qui président au remplissage et à la vidange de ces bassins sont analogues à ceux qui ont déjà été exposés. De même que la grande

artère d'alimentation est le Bahr Yousef, c'est aussi ce cours d'eau qui est la grande voie d'évacuation de toute la chaîne. Il porte l'énorme volume des eaux de vidange jusqu'au dernier bassin de la chaîne, bassin de Kocheicha, d'une surface de 33600 hectares, qui lui-même se décharge dans le Nil par un grand déversoir (60 arches de 3 mètres), le seul de toute la chaîne.

Une partie des eaux du bassin de Kocheicha n'est pas d'ailleurs rejetée directement dans le fleuve. Elle est envoyée dans la chaîne aval qui se prolonge jusqu'à quelques kilomètres au nord de la pointe du Delta, et dont les eaux retournent au Nil par trois déversoirs intermédiaires et finalement tombent dans la branche de Rosette, en empruntant le lit d'un grand canal d'irrigation appelé rayah de Béhéra.

Cette dernière chaîne de bassins, qui couvre la province de Ghizeh, se trouve dans des conditions qui ne sont pas très favorables au point de vue de la qualité des eaux de remplissage et aussi à cause des dates tardives d'alimentation et de vidange; son régime dépend en effet presque entièrement du mouvement des eaux dans les bassins de la chaîne supérieure. Ces bassins occupent environ 60000 hectares, mais la culture nabari y est assez développée dans des réserves endiguées sur les terres hautes rapprochées du Nil; on y pratique aussi au printemps d'assez grandes quantités de cultures *qedi* dans le fond des bassins.

Il y aurait beaucoup à dire encore au sujet de toute cette série considérable de bassins qui s'étend au nord d'Assiout, mais nous n'y insistons pas davantage, parce qu'ils sont actuellement en train de disparaître et d'être transformés en terres d'irrigation permanente. Nous y reviendrons à ce point de vue dans un autre chapitre[1].

Si l'on passe à la rive droite du Nil, on trouve que les bassins n'y forment pas un grand système continu comme sur la rive gauche, par suite des promontoires désertiques qui s'avancent de distance en distance jusqu'aux bords mêmes du fleuve. En dehors de petites séries, souvent très peu étendues et qui, étant isolées les unes des autres, sont soumises aux chances annuelles de l'alimentation directe par le Nil, il y existe cependant trois chaînes continues : l'une qui s'étend du kilomètre 825 au kilomètre 570 du Nil, soit sur 255 kilomètres; l'autre du kilomètre 495 au kilomètres 390, soit sur 105 kilomètres, et enfin la dernière, du kilomètre 115 jusqu'au Caire, soit sur 90 kilomètres.

La première chaîne comprend 57000 hectares, la seconde 40000 hectares et la troisième 36000. Les deux premières ne sont d'ailleurs dites continues que parce que l'eau peut y être transmise d'un bout à l'autre au

[1] Voir chapitre IX.

moyen de canaux d'alimentation qui chevauchent successivement les uns sur les autres par des siphons; mais ces canaux sont obligés de traverser en plusieurs endroits des promontoires de terres incultes. Les premiers bassins de ces diverses chaînes et notamment de la dernière se trouvent dans des conditions défavorables pour l'inondation pendant les crues faibles, parce que la prise du canal d'alimentation se trouve trop rapprochée des terres à inonder par suite de la présence d'escarpements infranchissables qui empêchent de la reporter assez loin en amont.

IRRIGATION PERMANENTE DANS LA RÉGION DES BASSINS

Il a déjà été dit que, dans toute la Haute Égypte, la seule partie où l'irrigation soit assurée par des canaux dont le plafond soit assez bas pour recevoir l'eau pendant l'étiage, est celle que dessert le canal Ibrahimieh, mais que, en plusieurs endroits, les avantages résultant de l'irrigation permanente ont conduit les propriétaires à installer de puissantes pompes à vapeur sur les bords du Nil. Les eaux ainsi élevées sur des terres protégées contre l'inondation par des digues sont distribuées par les canaux mêmes qui reçoivent la crue. Ce n'est là en réalité qu'une extension des cultures nabari par laquelle les canaux, maintenus en eau toute l'année, peuvent irriguer des récoltes de coton et de canne à sucre avec de l'eau pompée dans le Nil, avant et après que le débit par gravitation a cessé.

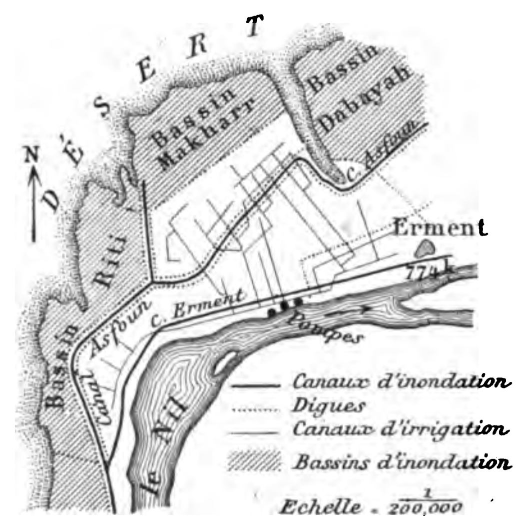


Fig. 17. — Domaine d'Erment.

Parmi les plus importants domaines cultivés par irrigation au moyen de machines à vapeur, citons ceux de Matanah, d'Erment, et de Dabayah, appartenant à l'administration de la Daïra Sanieh, dans les provinces d'Esneh et de Keneh; celui de Maragah dans les bassins de la province de Sohag; les terres desservies par les usines de la Société égyptienne d'irrigation auprès de Nag Hamadi et par l'usine du prince Ahmet à Farchout, dans la province de Keneh; celles arrosées par la machine de la Sugar Land C° à Belianah, province de Guirgueh ; celles du domaine d'El Ayat, dans la province de Ghizeh ; sur la rive gauche du Nil, le domaine de Cheikh Fadel

qui forme une superficie cultivable enclavée dans le désert sur les bords du fleuve.

Il existe également quelques installations de machines élévatoires moins importantes le long du Bahr Yousef.

Le domaine d'Erment fournit un bon exemple d'une grande propriété en bordure du Nil, aménagée pour la culture de la canne à sucre sur l'emplacement d'anciens bassins d'inondation (fig. 17). Elle s'étend sur la rive gauche du Nil entre les kilomètres 784 et 774 ; elle est comprise entre la

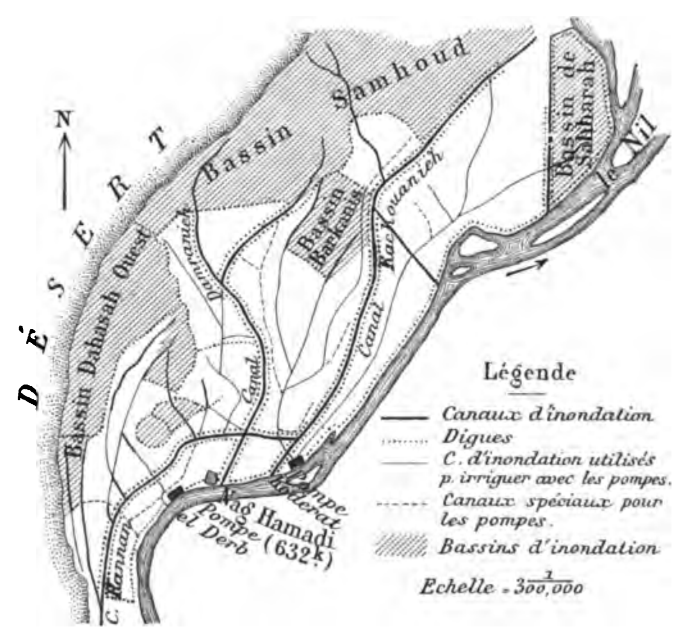


Fig. 18. — Irrigations de Nag Hamadi.

digue du fleuve et les digues des bassins d'inondation Riti et Makharr. Elle a 2850 hectares de superficie. Traversée par le canal Asfoun, qui est la grande artère d'alimentation des bassins de la région, et par le Sayalah Sahel, qui est le canal d'arrosage des terres hautes voisines du Nil pendant la crue, elle reçoit l'eau en étiage par un réseau spécial de canaux privés qui traversent en divers points les deux grands canaux ci-dessus et qui reçoivent de l'eau pompée dans le Nil au moyen de trois usines voisines l'une de l'autre. Quand les eaux, au moment de la crue, sont assez hautes pour que les canaux Sahel et Asfoun les distribuent au niveau des terres, on arrête les pompes et on arrose au moyen de ces deux canaux qui jouent alors leur rôle normal de canaux d'inondation pour les territoires environnants.

Les usines élévatoires de la Société égyptienne d'irrigation fournissent, d'autre part, un exemple d'une installation dans laquelle le sol n'appartient

pas aux propriétaires des pompes; ce sont les paysans qui possèdent la terre et ce sont eux-mêmes qui l'ont aménagée pour être protégée contre l'inondation et pour recevoir les bénéfices de l'irrigation (fig. 18).

Au moyen de deux grandes usines construites l'une à El Derb (km. 632) et l'autre à Kodérat (km. 627), cette société donne de l'eau d'irrigation pendant les basses eaux sur un territoire qui n'a pas moins de 25 kilomètres de longueur et de 10 kilomètres dans sa plus grande largeur, et qui s'étend, sur la rive gauche du Nil, entre la digue du fleuve et les bassins Dahasah Ouest, Barkhanis et Samhoud. Pour la distribution des eaux ainsi pompées, on utilise principalement les lits des canaux actuels d'inondation de la région et plus spécialement ceux qui sont destinés aux cultures nabari, et aussi d'anciens canaux d'alimentation des bassins aujourd'hui transformés en terrains d'irrigation. Tout ce réseau de canaux, qui a conservé ses ouvrages de prise et ses régulateurs, reprend pendant la crue ses fonctions normales, donnant l'eau pour le remplissage des bassins qui subsistent encore, pour les cultures nabari et en même temps pour le coton et la canne à sucre qui sont alors en pleine végétation. Aussitôt que les eaux sont à un niveau assez élevé dans les canaux pour suffire à ces besoins, les pompes s'arrêtent et toute l'alimentation se fait par gravitation.

ALIMENTATION ET VIDANGE DE L'ENSEMBLE DES BASSINS

La surface totale des terres inondées pendant la crue, d'Assouan au Caire, tout le long de la vallée du Nil, peut être évaluée en chiffres ronds à 630 000 hectares au maximum, dont 520 000 sur la rive gauche et 110 000 sur la rive droite.

Sur les bases admises dans le chapitre précédent pour calculer le débit des canaux qui alimentent les bassins, on devra leur fournir pendant quarante jours, en crue moyenne, un débit moyen de 2 300 mètres cubes par seconde, soit 200 000 000 de mètres cubes par jour; c'est à peu près le débit moyen du Nil en décembre et le quart du débit d'une crue moyenne au mois de septembre. En quarante jours on aura donc emmagasiné un volume total de 8 milliards de mètres cubes sur les deux rives du Nil, soit une profondeur de 1,30 m. par hectare inondé, et cette énorme masse d'eau sera rendue au fleuve dans le courant du mois d'octobre. C'est à peu près un douzième du débit total du Nil dans une année moyenne qui se trouve ainsi détourné du lit du fleuve pour submerger la vallée, sur les deux rives, du mois d'août au mois d'octobre.

Les principales prises d'eau par lesquelles le Nil fournit aux bassins leur eau d'inondation sont échelonnées à droite et à gauche suivant les indications du tableau ci-dessous.

Liste des principales prises d'eau sur le Nil pour l'alimentation des bassins de la Haute Égypte.

RIVE GAUCHE			RIVE DROITE		
Emplacement en kil. du Nil à partir de la pointe du Delta.	Noms des canaux.	Largeur au plafond.	Emplacement en kil. du Nil à partir de la pointe du Delta.	Noms des canaux.	Largeur au plafond.
kil.		m.	kil.		m.
893	Ramadi	20	825	Killabieh	10
810	Oum Addas	7	794	Mahallah	7
807	Asfoun	12			
759	Fadilieh	11	764	Bayadieh	15
723	Toukh-Der	12	735	Chanourieh	16
668	Rannan	17			
629	Damranieh	16	720	Chekieh	6
628	Rachouanieh	19	686	Ghilazi	15
595	Kasrah	21			
594	Zarzourieh	17	684	Samatah	10
571	Guirgaouieh	18	645	Taref	10
528	Sohaghieh	80			
528	Haouati	7	619	Haouès	13
527	Tahta	15	557	Lahéwah	10
488	Chattourah	35			
423	Ibrahimieh	50	541	Isaouieh	14
411	Beni-Hussein	6	485	Kisndarieh	18
234	Etsa	10			
247	Abou-Bakarah	20	435	Maanna	15
180	Sultani	25	427	Aly Bey	8
165	Ninah	6			
157	Bahabchine	18	405	Maabdah	5
135	Magnounah	6	115	Kachab	10
101	Girzeh	25			
93	Ghizeh	25			

D'autre part l'eau introduite sur les terres des bassins par les prises de tous ces canaux est renvoyée dans le Nil par un certain nombre de déversoirs dont les principaux sont indiqués dans la liste ci-dessous et également par des coupures faites dans certaines digues et réparées chaque année.

Un décret khédivial de 1894 a fixé la date d'ouverture des canaux des bassins au 10 août. Le besoin s'était fait sentir de cette réglementation, d'une part parce que les ingénieurs, pour faire profiter les terres à submerger de l'eau rouge, avaient une tendance à hâter le remplissage des bassins et, d'autre part, parce que les propriétaires de terrains cultivés en qedi étaient souvent désireux de retarder l'arrivée de l'eau pour pouvoir faire à loisir la rentrée de ces récoltes.

Il faut ajouter, d'ailleurs, que la date ainsi fixée n'a jamais été considérée que comme approximative et que le service des irrigations a toujours conservé, en fait, une certaine latitude d'appréciation pour déterminer l'époque de l'entrée de l'eau dans chaque bassin, suivant la situation et l'étendue des récoltes qedi à sauvegarder.

Liste des principaux déversoirs au Nil pour la vidange des bassins de la Haute Égypte

RIVE GAUCHE			
Emplacement en kil. du Nil à partir de la pointe du Delta.	Désignation.	Nombre des arches.	Ouverture des arches.
kil.			m.
853	Kilh.	4	2,50
825	Diqqerah. . . .	2	2.35
807	Nazirieh		
789	Gebelein. . . .	3	2,27
755	Farhanah . . .	2	3
734	Darafiq.	2	2,54
707	Ballas	1	2
696	Taramsah . . .	2	2,30
637	Ilaou.	3	3
596	Abou Chouchah.	7	3
540	Cheziret Muntazar	1	3
528	Sohag	12	3
476	Tima	1	3
449	Aboutig	15	3
442	Motia	2	3
431	Choutb.	3	3
430	Selim	3	3
390	Beni-Hussein . .	2	3
358	Masarah	2	3
349	Dérout.	5	3
117	Kocheicha . . .	60	3
104	Atouab.	6	3
93	Agouz	9	3
33	Abou-Noumros .	2	3
8 kil. en aval de la pointe du Delta.	Iswid	Coupure dans les berges du rayah de Béhéra.	

RIVE DROITE			
Emplacement en kil. du Nil à partir de la pointe du Delta.	Désignation.	Nombre des arches.	Ouverture des arches.
kil.			m.
801	Mataanah . . .	4	2,50
770	Salamieh. . . .	2	3
747	Naga-Hatab. . .	2	2
712	Ahchi	4	2,75
697	Khirbah	2	2,30
692	Gebelaoui . . .	5	3
646	Hamad.	5	3
626	Hichah.		
570	Aouled-Yahiah .	2	2,50
500	Galaouieh . . .	3	3
480	Zaou.	1	2
449	Matmar	5	3
442	Abou-Zabibah. .	3	2,30
408	Mazah-Abnoub .	5	2
390	Maabdah. . . .	5	3

On peut dire, d'une façon générale, que les bassins sont ouverts du 5 au 15 août, qu'ils sont complètement remplis du 20 septembre au 5 octobre, que la vidange commence vers le 5 octobre et est finie le 31 octobre.

Mais ces règles comportent en pratique des exceptions assez nombreuses pour les bassins qui se trouvent dans des conditions spécialement difficiles d'alimentation et de vidange; pour ceux, par exemple, qui ne peuvent être remplis, en raison de leur situation, qu'au moment même où commence la vidange des autres bassins et avec l'eau qui en provient. Citons notamment, comme rentrant dans cette catégorie, les bassins de la province de Ghizeh, sur la rive gauche du Nil, qui reçoivent la plus grande partie de leur eau des chaînes supérieures ; le remplissage n'y est complété que dans le courant d'octobre et la vidange ne s'achève guère que dans la seconde moitié de novembre. Comme exemple extrême, nous signalerons le grand bassin Iswid qui termine au nord la chaîne des bassins de Ghizeh ; en 1894, l'eau n'y entra que le 21 septembre à cause des nombreuses

récoltes qedi encore sur pied qu'il contenait ; son déversoir fut ouvert le 9 novembre et la vidange fut terminée le 24 novembre. En 1897, année de basse crue, les bassins de la chaîne de Ghizeh ne furent complètement remplis que le 20 novembre ; mais la réglementation des eaux s'est améliorée depuis cette époque.

Pour préciser les conditions du mouvement des eaux d'inondation dans les bassins, prenons l'année 1898 qui fut une année de bonne crue, un peu lente à descendre.

Dans les provinces de Minieh et de Benisouef, tous les canaux d'alimentation furent ouverts le 10 août.

A cette date du 10 août, la cote du Nil, à l'échelle d'Assouan, était de 8,53 m. (15 p., 19 k.) et depuis le commencement du mois elle avait varié comme il suit :

	m.	p. k.		m.	p. k.
1er août. . .	3,91	7, 6	6 août . . .	6,97	12,22
2 — . .	4,09	7,14	7 — . . .	7,40	13,17
3 — . . .	4,50	8, 8	8 — . . .	7,67	14, 5
4 — . . .	5,08	9,10	9 — . . .	8,17	15, 3
5 — . . .	6,01	11, 3	10 — . . .	8,53	15,19

Le Nil avait donc déjà dépassé à Assouan, le 4 août, les cotes de 4,32 m. et 4,86 m. qui correspondent à celles des plafonds de tous les grands canaux d'alimentation des bassins.

Dans la province d'Assiout, un tiers des bassins fut ouvert le 10 août et le reste entre le 10 et le 15 août, à l'exception de deux bassins situés sur la rive gauche du Bahr Yousef (bassins Touna et Abou-Khaleb) qui ne furent ouverts que le 20 août à cause de la présence des récoltes qedi.

Dans les provinces situées au sud d'Assiout, les bassins furent ouverts à des dates variant du 10 au 18 août.

Les canaux de la province de Ghizeh furent ouverts aux mêmes dates.

Dans tous les systèmes, les déversoirs furent ouverts aux mêmes dates que les canaux d'alimentation pour donner de l'eau limoneuse à contre-pente dans les bassins qu'ils devaient décharger plus tard ; les déversoirs furent fermés aussitôt que par l'effet des autres moyens de remplissage les bassins eurent atteint un niveau supérieur à celui du Nil. Ainsi le déversoir d'Aboutig fut fermé le 18 août, ceux de Choutb et de Selim le 13 août, celui de Motia, qui donne dans un petit bassin élevé, le 24 septembre ; le déversoir de Kocheicha, le 13 août. La répartition des eaux entre les différents bassins d'un même système et entre les différents systèmes de bassins commença du 15 au 31 août par la manœuvre des ouvrages régulateurs qui permettent le passage de l'excès d'eau d'un bassin dans l'autre ou d'un système dans le suivant, et aussi par la manœuvre des appareils de

fermeture des déversoirs au Nil, de façon à éviter que certains bassins ne s'élèvent au-dessus de leur plein niveau et que d'autres, au contraire, ne restent trop bas. Le très important régulateur du Sohaghieh à Assiout, qui commande le passage de l'eau dans les premiers bassins situés au nord de cette ville, commença à être réglé le 3 septembre. Plus au nord, le régulateur de Komi qui commande le passage des eaux du Kocheicha dans les bassins de Ghizeh était resté grand ouvert tant que le déversoir de Kocheicha était lui-même ouvert, afin que les bassins d'aval pussent profiter de cette alimentation directe d'eau limoneuse, puis le 13 août il fut fermé en même temps que le déversoir; le 24 août, il fut de nouveau ouvert pour passer l'excédent d'eau du Kocheicha dans les bassins de Ghizeh.

A part quelques exceptions, l'achèvement du remplissage complet de tous les bassins, depuis ceux de la province de Benisouef jusqu'à la limite méridionale de l'Égypte fut opéré du 20 septembre au 26 septembre; quelques-uns seulement ne furent pleins qu'après le 26 septembre à des dates variant jusqu'au 10 octobre.

La vidange, dans les bassins des provinces d'Esneh et de Keneh, commença le 1[er] octobre et fut terminée dans presque tous les bassins entre le 20 et le 25 octobre; dans la province de Ghizeh, elle commença du 1[er] au 5 octobre et fut terminée à la fin du mois; dans le sud de la province d'Assiout (système Nord-Sohag), elle commença du 3 au 8 octobre et fut terminée le 10 novembre. Le déversoir de Kocheicha fut ouvert le 15 octobre. La vidange fut achevée pour la province d'Assiout dans les premiers jours de novembre, pour la province de Minieh entre le 10 et le 15 novembre, pour la province de Benisouef le 30 novembre et plus tard dans la province de Ghizeh. Le Nil était resté haut assez longtemps, de sorte que, lorsqu'on ouvrit le déversoir de Kocheicha, il n'y avait que 0,28 m. de différence de niveau entre l'eau du bassin et celle du Nil.

Pendant la très mauvaise crue de 1899 les conditions du remplissage et de la vidange furent beaucoup plus difficiles.

Les cotes du Nil à Assouan, dans les dix premiers jours du mois d'août, étaient :

	m.	p. k.		m.	p. k.
1[er] août. . .	4,32	8, 0	6 août . . .	4,68	8,16
2 — . . .	4,48	8, 7	7 — . . .	4,75	8,19
3 — . . .	4,59	8,12	8 — . . .	4,95	9, 4
4 — . . .	4,63	8,14	9 — . . .	5,42	10, 1
5 — . . .	4,68	8,16	10 — . . .	5,89	10,22

Ces niveaux étaient mauvais pour donner un bon commencement d'alimentation, aussi certains canaux du district d'Assouan ne se mirent à couler que le 24 août.

La date générale d'ouverture des canaux fut le 10 août, sauf pour

quelques bassins des provinces du sud et un assez grand nombre de bassins de la province de Guirgueh, où cette date fut reculée entre le 12 et le 15 août à cause des cultures qedi. Dans les provinces d'Assiout, Minieh et Benisouef, l'eau n'entra pas dans les canaux avant le 13 au 17 août et, dans la province de Ghizeh, avant le 12 au 15 août.

Le 14 août, le Ministère des Travaux Publics notifia dans toutes les provinces, par télégramme, que le Nil serait bas ; aussitôt furent mises en vigueur les règles édictées pour ce cas et qui ont spécialement pour but d'emmagasiner toute l'eau disponible dans certains bassins de chaque système, destinés à jouer le rôle de réservoirs pour les bassins situés en aval. En même temps, on invitait les propriétaires à semer du nabari sur les terres hautes qu'on ne pouvait espérer inonder.

Ainsi, le régulateur du Sohaghieh, à Assiout, qui avait été laissé ouvert depuis le commencement de la crue pour donner le plus d'eau possible aux bassins d'aval, fut fermé le 15 septembre pour rendre possible le remplissage du grand bassin Zannar ; vers le même moment, le 19 septembre, était construit dans le Sohaghieh le barrage temporaire dont il a été parlé lors de la description du système Nord-Sohag[1], pour submerger par l'effet de la retenue ainsi obtenue certains grands bassins qui, sans cela, seraient restés incultes. Les régulateurs de l'extrémité nord de la chaîne de bassins Assiout-Kocheicha, qui avaient été laissés ouverts au commencement, furent fermés le 5 septembre pour emmagasiner dans le bassin Rikka (voir pl. V) l'eau nécessaire aux bassins de la province de Ghizeh ; puis le régulateur de ce bassin fut ouvert partiellement pour assurer l'irrigation du nabari ; on le referma complètement le 9 novembre lorsque la vidange des bassins supérieurs achevait le remplissage des bassins Kocheicha et Rikka, et enfin il fut de nouveau ouvert en grand le 19 novembre pour assurer définitivement le remplissage des bassins de Ghizeh.

Des arrangements analogues furent pratiqués entre les divers systèmes de bassins et dans l'intérieur de chaque système.

Malgré ces dispositions, plusieurs des systèmes de la région du sud, qui ne sont pas dans des conditions faciles d'alimentation en très basse crue, reçurent trop peu d'eau et 60 000 hectares y restèrent à sec.

Dans la province de Guirgueh, les bassins-réservoirs furent bien remplis et leur eau fut utilisée au moment de la vidange pour les autres bassins, mais elle n'y séjourna que peu de temps ; il y eut toutefois des terres non arrosées tant sur la rive droite que sur la rive gauche, dans les parties hautes des systèmes, soit environ 22 000 hectares.

Dans les provinces d'Assiout, de Minieh et de Benisouef, sauf quelques

[1] Voir pages 89 et 90.

exceptions peu importantes, aucun bassin ne put être rempli que pendant la période de vidange : ceux de la province d'Assiout, au moyen des eaux du Sohaghieh circulant de bassin en bassin ; ceux des deux autres provinces, en créant, par la vidange des bassins supérieurs, un flot artificiel dans le Bahr Yousef; tous furent assez pleins, mais pour peu de jours. A ce moment là, c'est-à-dire pendant le mois d'octobre, on ferma pendant vingt jours tous les embranchements d'irrigation du canal Ibrahimieh et on envoya toute son eau dans le Bahr Yousef et dans les bassins ; c'était une mesure extrême, mais elle était nécessaire pour assurer le remplissage des vastes bassins de cette province.

La vidange des systèmes de bassins situés le plus au sud commença le 25 septembre sur la rive gauche et le 26 septembre sur la rive droite ; on voulait d'abord faire passer les eaux d'un système à l'autre, pour améliorer les conditions de la submersion ; mais comme le niveau du fleuve baissait rapidement, et qu'il atteignait à Assouan 6,99 m. (12 p. 23 k.) le 25 septembre et 5,08 m. (9 p. 10 k.) le 15 octobre, et qu'il était nécessaire de conserver de l'eau en réserve pour pourvoir à l'arrosage du nabari, on reconnut que la petite quantité d'eau de vidange qui arriverait à la fin de chaque système serait à peine suffisante pour compenser les pertes par évaporation et par absorption, et on se décida à assécher certains systèmes indépendamment des autres sans attendre l'eau des systèmes supérieurs qui fut finalement emmagasinée et utilisée pour le nabari. La vidange au sud de la province de Guirgueh fut ainsi terminée fin octobre, sans qu'aucune goutte d'eau eût été rejetée dans le Nil ou eût passé dans les bassins de cette dernière province. Ceci est un exemple des difficultés qu'on rencontre dans certaines mauvaises années pour appliquer la culture par inondation ; on ne pourrait sans doute remédier à ces inconvénients que par l'établissement de barrages de retenue au travers du Nil. Il est vrai que des crues aussi faibles que celles de 1899 ne s'étaient pas reproduites depuis 1877, mais nous avons voulu parler de cette année exceptionnelle pour bien montrer le soin qui doit présider au mouvement des eaux, et les obstacles contre lesquels les ingénieurs ont parfois à lutter pour mettre en pratique un système qui paraît si simple au premier abord et si élastique dans l'application.

Dans la province de Guirgueh, les conditions furent meilleures ; la vidange commencée le 1er octobre sur la rive gauche y fut terminée le 12 novembre ; sur la rive droite, elle dura du 5 octobre au 25 novembre.

Pour la chaîne des bassins d'Assiout-Kocheicha, la vidange commencée le 1er octobre fut achevée le 10 décembre ; le déservoir de Kocheicha fut partiellement ouvert le 26 novembre et ouvert en grand le 2 décembre.

Pour la province de Ghizeh, rive gauche, nous avons vu que l'eau des systèmes supérieurs y fut admise le 19 novembre ; les bassins se rempli-

rent successivement ; le bassin Iswid, le dernier de la chaîne, fut plein le 6 décembre au matin et sa digue fut coupée le même jour pour déverser l'eau dans le rayah de Behéra ; il y eut peu de terres non inondées de ce côté, mais les bassins de la rive droite restèrent presque complètement à sec.

Il est certainement remarquable que, par suite des arrangements des bassins et de la réglementation adoptée pour le mouvement des eaux, l'eau du canal Sohaghieh, qui a sa prise à 528 kilomètres au sud du Delta, a pu être passée de bassin en bassin et de système en système en dehors du lit du Nil jusqu'à la branche de Rosette, à 30 kilomètres au nord du Caire.

Autrefois, lorsqu'il y avait moins d'unité de direction dans les services publics, ce passage de l'eau d'une province dans l'autre pour en compléter l'inondation au moment de la vidange, était célébré avec une certaine solennité. Des procès-verbaux étaient dressés, signés ou plutôt cachetés par les principales autorités des deux provinces intéressées. C'était une vieille tradition et comme une constatation officielle du fait par lequel la province d'amont laissait pénétrer dans la province d'aval les éléments de fertilité qui ne lui étaient plus nécessaires. Mais pour ceux qui connaissent le pays, il s'agissait là plutôt de la signature d'un document contradictoire, prouvant que la province d'amont avait rempli son devoir vis-à-vis de la province d'aval, et que les autorités de celle-ci ne pouvaient rejeter sur celle-là les insuffisances ou les retards dans les submersions et par suite les difficultés qui pouvaient en résulter dans la mise en culture et finalement dans la perception des impôts de l'année.

ACTION DU REMPLISSAGE ET DE LA VIDANGE DES BASSINS SUR LES NIVEAUX DU NIL

On évalue à 200 000 000 de mètres cubes par jour, soit 2 300 mètres cubes par seconde, l'eau qui est prise au Nil pour l'alimentation des bassins pendant une crue moyenne et durant une période de quarante jours entre le 15 août et le 15 septembre. Or le Nil débite à ce moment là, à Assouan, en moyenne, 700 000 000 mètres cubes par jour, soit 8 000 mètres cubes par seconde. C'est donc les deux septièmes du débit qui sont ainsi détournés du fleuve.

M. Willcocks a calculé que, du Caire à la pointe du Delta, les sections moyennes du lit du fleuve aux différentes hauteurs, en prenant comme zéro la cote moyenne des étiages, sont les suivantes :

Au-dessous de	0	mètre .	1 402 m²	Au-dessous de	8	mètres.	8 346 —
—	6	— .	5 414 —	—	8,50	— .	9 258 —
—	7	— .	6 628 —	—	9	— .	10 184 —

La hauteur de crue du Nil pendant la période du remplissage des bassins est d'environ 8 mètres en moyenne, et la différence de section du Nil est au Caire, entre 7 et 8 mètres, d'après les chiffres ci-dessus, de 1718 mètres carrés. Si l'on prend comme vitesse moyenne de l'eau 1,50 m, on voit qu'une diminution de débit au Caire de 2300 mètres par seconde correspondra à une réduction de section 1 500 mètres carrés, ce qui représentera un abaissement de 0,80 m. en chiffres ronds et en négligeant les phénomènes accessoires d'absorption et d'évaporation le long du parcours du fleuve. Ce n'est là d'ailleurs qu'une approxination, mais elle suffit pour donner une idée de l'importance du phénomène qui varie naturellement chaque année avec le niveau des crues.

Lorsque les eaux des bassins sont restituées au Nil dans le courant du mois d'octobre, un effet inverse se manifeste sous la forme d'un gonflement artificiel du fleuve. Comme la crue à cette époque est généralement encore très haute, il est nécessaire de diriger la vidange des bassins de façon à ne modifier le régime du Nil en aval que d'une façon ou avantageuse ou non dangereuse, suivant les cas, pour les cultures irriguées du Delta.

Ainsi, dans les faibles crues, on cherchera à vider les bassins de telle sorte que le plus grand volume d'eau possible arrive à la fois à la pointe du Delta et y produise un niveau plus élevé que celui que la crue naturelle aurait donné.

Dans les fortes crues, au contraire, on retardera la période de la vidange pour que les eaux des bassins ne parviennent au Delta qu'après que la crue naturelle aura commencé à baisser, ou on l'allongera pour que le gonflement que ces eaux produisent ne donne pas au fleuve un niveau plus élevé que celui de la crue naturelle, si celle-ci a déjà inspiré des craintes pour la sécurité des digues et des ouvrages d'art.

Avec les grands déversoirs construits pendant ces dernières années pour remplacer les anciennes coupures de digues au moyen desquelles on déchargeait les bassins dans le Nil, les ingénieurs ont entre les mains des moyens puissants pour régler l'allure de cette onde, et ils sont maintenant habitués à la manœuvrer de façon à obtenir le meilleur résultat qu'on puisse en tirer pour le bénéfice des terres d'aval.

En 1899, année de crue anormalement basse, l'effet de la vidange des bassins fut seulement d'arrêter pendant quelques jours la baisse des eaux.

En 1898, année de crue élevée, comme la cote au Caire était encore très haute le 1er octobre, soit 19,60 m. (23 p. 4 k.), on s'arrangea pour que la décharge des bassins du sud y parvînt avant celle des bassins Assiout-Kocheicha. La vidange en fut commencée partout du 1er au 5 octobre et terminée le 30 octobre. L'onde maxima à Assiout fut de 0,72 m. entre le 11 et

le 14 octobre ; elle arriva au Caire le 18 octobre. L'ouverture des portes du déversoir de Kocheicha fut faite lentement du 15 au 18 octobre. L'altitude la plus haute de la crue naturelle au Caire avait été de 19,73 k. (23 p. 10 k.) du 14 au 17 septembre. Le Nil s'éleva à l'altitude de 19,98 m. (23 p. 21 k.) du 17 au 20 octobre par l'effet de l'onde de vidange ; on avait cherché à obtenir 19,78 m. (23 p. 12 k.). On avait ainsi réussi à ne dépasser que de 0,60 m. au Caire le niveau qu'aurait eu le fleuve à ce moment-là en tenant compte de la décrue.

En 1897, année de crue pauvre et tardive, l'onde des bassins du sud atteignit le déversoir de Kocheicha le 20 octobre, date à laquelle on l'ouvrit. On avait voulu réunir ensemble toutes les eaux de vidange parce que la cote maxima du Nil au Caire, cote atteinte le 26 septembre, n'avait été que de 18,40 m. (19 p. 21 k.), que le fleuve s'était rapidement abaissé depuis et qu'on trouvait utile d'atteindre une cote de 19,51 m. (23 p.) au Caire pour améliorer la situation de la Basse Égypte. On obtint pendant plusieurs jours 19,04 m. (22 p. 6 k.). Le niveau fut ainsi relevé de 1,20 m.

En 1895, on avait calculé la décharge de façon à obtenir au Caire une cote maxima de 19,51 m. (23 p.) ; on atteignit 19,49 m. (22 p. 23 km.).

En 1893, on s'efforça de produire un effet aussi grand que possible et on arriva à ce résultat que 1,08 m. de baisse à Assouan du 9 au 22 octobre se transforma en une hausse de 0,92 m. au Caire entre les dates correspondantes, soit du 14 au 27 octobre. L'action totale sur le Nil, au Caire, fut une surélévation de 2 mètres du niveau des eaux.

Ces quelques exemples montrent comment, certaines années, on utilise l'onde de vidange et comment, dans d'autres années, on corrige les inconvénients qu'elle pourrait produire.

ENTRETIEN DES DIGUES ET DES CANAUX

Sur les 850 000 hectares que comprend la surface cultivée de la Haute Égypte, d'Assouan au Caire, non compris la province du Fayoum, 690 000 hectares sont sur la rive gauche de la vallée et 160 000 hectares sur la rive droite. Sur cette surface totale, il y a environ 750 000 hectares qui sont desservis par des canaux ne recevant l'eau que pendant la période des hautes eaux, appelés *canaux nili*. Dans quelques endroits, ces canaux sont alimentés pendant les basses eaux, par des pompes.

Ces 750 000 hectares cultivés au moyen de canaux *nili* se divisent en deux parties : 615 000 hectares forment les bassins proprement dits, et 135 000 hectares sont destinés régulièrement aux cultures nabari et sur quelques points à des cultures d'irrigation permanente à l'aide de machines élévatoires. Les surfaces cultivées par inondation ou en nabari

sont d'ailleurs variables d'une année à l'autre dans une certaine mesure.

Enfin un peu plus de 100 000 hectares, dans la région du canal Ibrahimieh, sont arrosés par des canaux qui reçoivent l'eau du Nil toute l'année par gravitation.

Ainsi, la surface de la Haute Égypte, non compris le Fayoum, se répartit comme il suit :

Bassins	615 000	hectares.
Cultures nabari ou cultures permanentes au moyen de pompes.	135 000	—
Arrosage permanent	100 000	—
Total	850 000	hectares.

Nous n'avons considéré jusqu'à présent que les 750 000 hectares aménagés en bassins ou cultivés en nabari. L'énorme volume d'eau limoneuse qui est amené sur ces terres pendant la crue par les canaux, qui est distribué par les nombreux ouvrages d'art et qui est emmagasiné pendant plusieurs semaines entre les digues des bassins, ne peut produire ses bons effets avec sécurité qu'autant que canaux, ouvrages d'art et digues sont dans un état convenable d'entretien au moment de la montée du Nil.

L'entretien des ouvrages en maçonnerie est relativement peu coûteux; quelques réfections de radiers et d'appareils de manœuvre, des enrochements, tout cela ne coûte guère plus de 500 000 francs par an pour tout l'ensemble.

Mais il n'en est pas de même des ouvrages en terre : digues et canaux. Les digues sont plus ou moins dégradées chaque année par les tassements qui se produisent sous la pression des eaux, par le clapotis des vagues que soulève le vent ou par les courants. D'autre part, des dépôts se font dans les canaux, surtout vers leur origine, et en réduisent le profil, sans compter les éboulements des berges qui créent des sinuosités peu favorables au maintien du débit nécessaire.

En outre, pendant la crue, on a assez souvent à établir des barrages temporaires pour diminuer ou arrêter la dépense d'eau d'un canal, ou pour en relever le niveau; on est aussi obligé de pratiquer des coupures dans les digues pour activer le mouvement des eaux pendant le remplissage ou pendant la vidange ; les barrages doivent disparaître après la crue et les digues doivent être rétablies sur l'emplacement des coupures.

Le fonctionnement des bassins exige donc chaque année des terrassements importants. Les travaux qui doivent être exécutés pendant l'inondation même des bassins sont en général faits par des hommes de corvée réquisitionnés dans les villages. Mais ceux qui sont exécutés pendant la période des basses eaux, quand les bassins ou les canaux sont à sec, sont ordinairement confiés à des entrepreneurs, et ce sont de beaucoup les plus

considérables. D'après les chiffres officiels des années 1898, 1899 et 1900 se rapportant aux provinces de la Haute et de la Moyenne Egypte, non compris la province de Ghizeh, c'est-à-dire à une surface cultivée en bassins et en nabari de 669 000 hectares, le cube moyen annuel de ces terrassements s'élève à 7 103 890 mètres cubes, soit à 10,62 m^3 par hectare. Au prix moyen de 32 centimes un quart par mètre cube, la dépense totale annuelle est de 2 146 100 francs, soit 3,42 fr. par hectare.

En 1887, on comptait 25,78 m^3 et 9 francs par hectare. On voit par là le progrès considérable qui a été réalisé depuis une dizaine d'années, progrès qui correspond à une économie annuelle de 3 700 000 francs sur l'ensemble des terrassements. Pour obtenir ce résultat, on a dépensé plus de 20 000 000 francs en construction d'ouvrages d'art, en travaux de creusement et de redressement de canaux, de renforcement de digues, etc. qui ont contribué, d'autre part, à assurer une alimentation d'eau plus complète et plus indépendante des variations des crues, à maintenir une fertilité plus régulière du sol et par suite à développer la richesse du pays. Une meilleure entente et une réglementation mieux surveillée et plus scientifique du mouvement des eaux dans les canaux ont diminué en outre les envasements; le profil des digues a été rendu plus uniforme et plus stable, et enfin la création de nombreux ouvrages régulateurs et de déversoirs a rendu inutiles, en beaucoup de points, les coupures pratiquées autrefois chaque année dans les digues et remblayées ensuite à grands frais.

Dans l'état actuel, les 7 103 890 mètres cubes de terrassements d'entretien indiqués plus haut se répartissent comme il suit :

NATURE DES TRAVAUX	CUBES des terrassements.	PROPORTION de chaque nature de travaux.
Réparation des digues	3 023 005 m^3	42,6 p. 100
Curage des canaux	3 841 096 —	54,0 —
Réparation de coupures dans les digues	202 970 —	2,9 —
Barrages provisoires en travers des canaux et des ouvrages d'art	36 819 —	0,9 —
Totaux	7 103 890 m^3	100,4 —

Ces proportions varient suivant les conditions de chaque région, bien que le cube et la dépense par hectare soient à peu près uniformes pour toutes les provinces.

Ainsi, dans les provinces de Guirgueh et de Keneh qui sont exclusivement aménagées en bassins, la proportion des terrassements pour les digues est de 24,9 p. 100, tandis que les curages des canaux s'élèvent à 73,1 p. 100. Au contraire, dans la province de Minieh où le système des digues est très

développé et où le réseau des canaux est très restreint, puisque l'alimentation se fait presque exclusivement par le Bahr Yousef qui est toujours en eau, les terrassements des digues entrent dans le total pour 85,2 p. 100 et le curage des canaux pour 5,1 p. 100 seulement; mais, d'autre part, les terrassements pour les coupures de digues s'élèvent à 9,7 p. 100.

C'est dans la province la plus méridionale, celle de Nubie, que la dépense est la plus élevée; elle monte à 4,60 fr. par hectare, représentant un volume de terrassements de 14,26 m^3. Cela tient à ce que cette province, qui n'a que 32 000 hectares cultivés et dans laquelle la vallée est généralement très étroite, a un développement de canaux relativement très grand par rapport à la surface des bassins.

En dehors de ces travaux réguliers d'entretien, le fonctionnement des bassins, pendant la crue même, exige la présence de nombreux ouvriers dont la mission est de surveiller les digues, de les protéger contre les affouillements, de réparer les brèches qui peuvent se produire, de manœuvrer les appareils de fermeture des ouvrages, de faire les barrages provisoires en travers des canaux et les coupures dans les digues. Les hommes chargés de ces travaux sont des paysans réquisitionnés dans les villages en corvée gratuite suivant les lois et usages du pays dont nous parlerons plus tard[1].

Quoique cette corvée ait été restreinte autant que possible dans ces dernières années, elle n'en constitue par moins une certaine charge pour la population; il est vrai qu'à cette époque de l'année, le paysan n'a rien à faire en dehors de la distribution de l'eau d'arrosage à ses cultures nabari.

En 1900, pour les 669 000 hectares des provinces de la Haute et de la Moyenne Égypte, non compris le Fayoun et Ghizeh, cette corvée a représenté un total de 26 768 hommes, restés en moyenne 42 jours en dehors de leurs villages; c'est donc un total de 1 141 233 journées, qui, à 1 franc en moyenne par jour, donne une dépense totale de 1 141 233 francs, soit 1,70 fr. par hectare.

En 1899, année de très faible crue, les digues et les canaux réclamaient naturellement moins de surveillance; les travaux de la corvée occupèrent seulement 16 433 hommes pendant 39 jours en moyenne, soit en tout 615 927 journées.

Pour donner une idée de la répartition des hommes de corvée, prenons comme exemple la province de Guirgueh qui comprend 139 400 hectares, pendant l'année 1900.

Pour surveiller 231 kilomètres de digues du Nil, on a pris 888 hommes pendant 35 jours, à raison de 4 hommes par kilomètre de digue, et, pour 290 kilomètres de digues des bassins, 1 972 hommes pendant 47 jours, à

[1] Voir chap. XIII.

raison de 7 hommes par kilomètre. Les digues des canaux, sur 534 kilomètres de longueur, ont exigé 2 228 hommes pendant 51 jours, soit 4 hommes par kilomètre. Pour 201 ouvrages d'art, 551 hommes ont été réquisitionnés pendant 63 jours, à raison de 3 hommes en moyenne par ouvrage. On a en outre maintenu 70 hommes en réserve dans des postes déterminés, pour parer aux besoins urgents, pendant 42 jours. En tout, on a ainsi employé 5 709 hommes pendant une moyenne de 48 jours, représentant 274 032 journées, soit à peu près 2 journées par hectare.

Le nombre des jours de travail des hommes de corvée varie chaque année suivant l'intensité et la durée de la crue ; il peut s'élever à 2,5 j. par hectare et descendre à 0,5 j.

Pendant une crue faible ou courte, les digues sont, en effet, en général moins menacées, sauf en certains points des bassins qui servent de réservoirs d'emmagasinement et où la charge est parfois très forte ; il y a donc dans ce cas moins de longueur de digues à surveiller ; par contre, pendant une crue haute et longue, les gardiens doivent être répartis sur presque toute la longueur des digues et la corvée dure plus longtemps. Par compensation, dans les années de faible crue, il y a des dépenses supplémentaires à prévoir pour établissement de barrages dans les canaux, construction de dérivations et de digues provisoires, coupures dans les digues, étanchement plus complet de certains ouvrages régulateurs et de déversoirs, surveillance plus stricte du mouvement des eaux. Dans l'année 1899, ces dépenses se sont élevées à plus de 300 000 francs.

IMPORTANCE DES CULTURES DANS LA RÉGION DES BASSINS

Les régions aménagées en bassins d'inondation comportent trois sortes de cultures, la culture *nabari* pendant la crue, *qedi* avant la crue, *chetoui* après la crue.

La culture nabari (maïs ou sorgho) se pratique sur les terres hautes des bassins situées près du Nil ou du désert, et sur les berges mêmes du fleuve, entre le Nil et la digue. Les terres à nabari peuvent porter deux récoltes par an, soit maïs ou sorgho du 1er août au 31 octobre, puis orge ou lentilles, ou fourrage ensuite ; mais l'orge ne doit être semée sur ces terrains qu'autant qu'on peut y élever de l'eau du Nil sans trop de peine pour arroser en hiver, car la faible submersion qu'ils ont pu subir n'est pas suffisante pour cette culture.

Dans les estimations qu'a faites le colonel J. Ross, inspecteur général des irrigations, après la mauvaise crue de 1888, pour arrêter les bases de son grand projet d'amélioration des bassins, exécuté depuis, il avait compté pour toute la partie de l'Égypte située au sud d'Assiout :

Surface des bassins 307 000 hectares
Surface de nabari 76 000 —

Le nabari s'étend donc sur une surface égale à 25 p. 100 de celle des bassins; il est d'ailleurs distribué irrégulièrement le long de la vallée; d'après les chiffres du colonel Ross, il se faisait alors à raison de :

66 000 hectares sur les terres hautes voisines du Nil;
3 000 — au pied du désert;
7 000 — entre le Nil et ses digues.

Ces données étaient probablement un peu exagérées; car, dans ces mêmes provinces, le nabari s'est étendu seulement sur 55 000 hectares en 1900, et, en 1899, année de basse crue, favorable par conséquent au nabari, il a couvert 65 000 hectares.

Le nabari est moins développé dans les bassins des provinces situées au nord d'Assiout, parce que les habitants peuvent cultiver leur maïs et leur sorgho dans la zone desservie par le canal Ibrahimieh ; il s'en fait toutefois d'assez grandes quantités au nord de cette région, dans la province de Ghizeh.

Cette culture n'est pas très bonne pour le sol ; elle l'épuise et l'empêche de recevoir ensuite une submersion suffisante pour le régénérer; cependant le fellah la considère comme plus avantageuse pour lui que la culture d'inondation; mais il ne faut pas la pratiquer tous les ans sur la même terre à moins d'employer de l'engrais.

La culture qedi qui se fait au printemps, avant l'inondation, dans le fond des bassins, avec de l'eau d'arrosage tirée du sous-sol, comprend maïs, sorgho et légumes. Après la crue, on fait les cultures d'hiver, céréales, fèves, fourrage, etc., sur les terres qui ont été cultivées en qedi. Ces terres portent donc annuellement deux récoltes. La culture qedi exige beaucoup de travail pour l'arrosage, mais elle est rémunératrice; l'eau limoneuse, arrivant sur le sol après que la récolte a été enlevée, lui maintient sa fertilité, de sorte que le qedi n'épuise pas comme le nabari; on y emploie parfois de l'engrais.

Cette culture s'étend chaque année, mais elle n'a pas l'importance du nabari. En 1900, dans les provinces situées au sud d'Assiout, elle couvrait 33 000 hectares, soit un peu plus du dixième de la surface des bassins et un peu plus de la moitié de la surface du nabari. Pour toute la Haute Égypte jusqu'au Caire, non compris le Fayoun, cette culture représente une surface de 42 000 hectares environ.

Dans les bassins, les terres cultivées en nabari et en qedi sont les seules qui puissent donner deux récoltes par an.

D'après les statistiques de 1899 établies par le Ministère des Finances, si l'on prend toute la Haute et la Moyenne Égypte, moins les provinces de

Ghizeh et du Fayoum, c'est-à-dire une surface totale de 769 000 hectares comprenant les 100 000 hectares d'irrigation permanente du canal Ibrahimieh, les diverses sortes de cultures y ont été réparties comme il suit depuis le commencement de la crue de 1898 jusqu'à celle de 1899.

Cultures nabari.		
Maïs et sorgho		87 000 hectares.
Cultures d'hiver.		
Blé	215 000 hectares.	
Fèves	163 500 —	
Orge	79 000 —	
Divers	206 500 —	
		664 000 hectares.
Cultures d'été [1].		
Coton	16 000 hectares.	
Canne à sucre	33 000 —	
Maïs et sorgho, légumes	49 000 —	
		98 000 hectares.
Total		849 000 hectares.

A ce total il faut ajouter 2 000 hectares environ de jardins, ce qui forme une surface de cultures de 851 000 hectares pour une superficie de terres de 769 000 hectares. Or, de cette dernière surface, il faut retrancher environ 15 000 hectares de terres plus ou moins incultes, ce qui réduit la surface réellement cultivable à 754 000 hectares. La surface des cultures dépasse donc de 97 000 hectares celle du terrain, c'est-à-dire qu'il y a 13 p. 100 de cultures multiples sur les mêmes terres annuellement.

Si nous prenons, d'autre part, les deux provinces de Guirgueh et de Keneh qui représentent mieux la situation des régions à bassins d'inondation, puisqu'elles ne comportent pas de canaux d'irrigation permanente, nous avons les chiffres suivants :

Cultures nabari.		
Maïs et sorgho		29 000 hectares.
Cultures d'hiver.		
Blé	79 000 hectares.	
Fèves	47 000 —	
Orge	45 000 —	
Divers	96 000 —	
		267 000 hectares.
A reporter		296 000 hectares.

[1] Les cultures qedi sont comptées comme cultures d'été.

Report			296 000 hectares.
Cultures d'été.			
Coton	»	hectares.	
Canne à sucre	8 000	—	
Maïs, sorgho, légumes	22 000	—	
			30 000 hectares.
Total			326 000 hectares.

Ajoutant à ce chiffre un millier d'hectares de jardins, on arrive à une surface de récoltes de 327 000 hectares pour une superficie cultivée de 288 000 hectares. La différence, qui est de 39 000 hectares, représente les cultures multiples ; elle est de 13 p. 100 de la surface cultivable, c'est-à-dire à peu près le même chiffre que nous avons trouvé plus haut. Mais les cultures d'été ne forment que 10 p. 100 de l'ensemble de cultures des provinces de Guirgueh et de Keneh, tandis que dans l'ensemble des provinces d'Assiout à Ghizeh, la proportion de ces cultures est de 13 p. 100 ; de plus les cultures riches de coton et de canne à sucre entrent pour moitié dans les cultures d'été de ces dernières provinces, tandis que dans les cultures d'été des deux provinces de Guirgueh et de Keneh, elles n'entrent même pas pour un tiers. Cette double différence représente l'influence du canal Ibrahimieh sur le régime agricole de la région qu'il traverse.

CHAPITRE VI

PROCÉDÉS GÉNÉRAUX DE L'IRRIGATION ÉGYPTIENNE

Cultures par irrigation. — Régions cultivées exclusivement par irrigation toute l'année. — Besoins des cultures. — Canaux Nili et Sefi. — Dépense d'eau. — Niveau de l'eau dans les canaux, machines élévatoires. — Distribution des eaux, rotations. — Arrosages.

CULTURES PAR IRRIGATION

Dans les territoires de l'Égypte qui sont aménagés pour recevoir l'inondation, les canaux sont peu profonds et n'apportent l'eau sur les terres que pendant la crue. Nous avons vu, dans les deux chapitres précédents, qu'on y fait bien, en certains endroits, de l'irrigation à l'aide de l'eau dérivée de ces canaux, mais cette irrigation n'est que temporaire; elle cesse avec la baisse des eaux du Nil et n'intéresse par conséquent que des cultures hâtives (maïs et sorgho) poussant pendant les mois de crue et appelées nabari. Des récoltes analogues, dite qedi, sont aussi obtenues par irrigation dans les parties basses des bassins, avant la crue, au moyen de l'eau puisée dans la nappe souterraine; c'est indirectement et après avoir filtré au travers du sous-sol perméable de la vallée que le fleuve fournit son eau à ces cultures. Les seuls points où l'on puisse faire, dans ces régions, de l'irrigation permanente et se livrer à des cultures telles que le coton et la canne à sucre qui restent sur pied depuis le printemps jusqu'à l'automne, sont ceux pour lesquels des pompes à vapeur aspirent, jusqu'au niveau des terres, l'eau du Nil pendant l'étiage, ou plutôt pendant tout le temps où elle ne pénètre pas directement dans les canaux par l'effet de la crue.

Nous ne reviendrons pas sur les cultures nabari et qedi ; il en a été déjà question plusieurs fois. Quant aux terres arrosées au moyen de pompes et qui, formant des enclaves isolées au milieu des bassins d'inondation, ne relèvent d'aucun système général d'irrigation, leur régime de culture et d'arrosage ne diffère pas de celui des terres dotées de canaux d'irrigation permanente, que nous allons maintenant étudier; elles reçoivent des cultures d'été (coton et canne à sucre), des cultures nabari pendant la crue (maïs et sorgho) et des cultures d'hiver (céréales, fourrages, etc.).

L'irrigation, dans les régions à bassins d'inondation, s'étend à une portion assez notable de la surface cultivée. Ainsi, dans les provinces de Guirgueh et de Keneh[1], sur 327 000 hectares de récoltes portées en une année par 288 000 hectares de terres (39 000 hectares donnant deux récoltes par an), il y a eu 95 000 hectares de cultures irriguées, soit 29 p. 100 de la superficie des récoltes ; mais sur ces 95 000 hectares irrigués, 8 000 hectares seulement ont été plantés en canne à sucre, c'est-à-dire irrigués pendant le printemps, l'été et l'automne, et 51 000 hectares n'ont donné que des récoltes hâtives de maïs et de sorgho. 71 p. 100 de la surface des récoltes de ces deux provinces a été obtenue par inondation. Par contre, dans les régions aménagées pour l'irrigation, il n'y a pas de culture par inondation, la division en bassins n'y existant pas ; toutes les terres sont ou peuvent être irriguées toute l'année ; on y fait seulement pendant la crue des submersions partielles peu profondes et de courte durée destinées à ameublir et préparer les terres avant les semailles d'hiver.

RÉGIONS CULTIVÉES EXCLUSIVEMENT PAR IRRIGATION TOUTE L'ANNÉE

Trois régions de l'Égypte sont cultivées exclusivement par irrigation :

1° Les terres qui dépendent du canal Ibrahimieh (voir pl. V). Elles s'étendent sur 5 à 6 kilomètres de largeur et sur 200 kilomètres de longueur le long du Nil et comprennent environ 100 000 hectares dans les provinces d'Assiout, de Minieh et de Benisouef. Elles reçoivent l'eau par le canal Ibrahimieh dont la prise est au kilomètre 423 du Nil et par ses embranchements dont les premiers ont leur prise à Dérout, au kilomètre 61 du canal.

2° La province du Fayoum, grande cuvette de forme à peu près circulaire, entourée partout par le désert et qui présente une surface cultivable de 128 600 hectares. L'eau lui est fournie par le Bahr Yousef, cours d'eau qui se détache du canal Ibrahimieh (km. 61) et qui, après un parcours de 276 kilomètres parallèle au Nil dans les provinces d'Assiout, de Minieh et de Benisouef, pénètre dans le Fayoum à El-Lahoun (voir pl. V).

3° Les provinces de la Basse Égypte qui comprennent :

A l'est de la branche de Damiette	526 200	hectares.
Entre les deux branches du Nil.	582 300	—
A l'ouest de la branche de Rosette	291 500	—
Total.	1 400 000	hectares.

L'irrigation de la Basse Égypte est commandée par un grand barrage

[1] Voir page 114.

établi à la pointe du Delta (fig. 19). Les provinces de l'est sont arrosées par trois canaux ayant leur prise entre le Caire et le barrage, les canaux Ismailieh, Cherkaouieh et Bessoussieh et par un quatrième canal, le plus important, qui a sa prise au barrage même, le rayah Charkieh ou Tewfikieh. Les provinces du centre reçoivent toute leur eau par un grand canal appelé rayah Menoufieh et les provinces de l'ouest par le canal dit rayah de Béhéra ; ces deux derniers canaux ont également leur prise au barrage. A l'eau fournie par ces canaux s'ajoute celle qui est élevée tout le long des deux branches du Nil par des machines à vapeur ou des norias pour arroser les terres situées près du fleuve.



Fig. 19.

BESOINS DES CULTURES[1]

Dans tous les points de l'Égypte où l'on fait de l'irrigation permanente, les besoins auxquels il faut satisfaire varient naturellement suivant la saison ; ils sont caractérisés par quatre phases distinctes.

En hiver, les cultures qui sont sur pied sont des céréales, des fèves, du fourrage. La température n'est pas très élevée, l'atmosphère présente une certaine humidité; des brouillards et même de la pluie, surtout dans le nord de la Basse Égypte, rafraîchissent les plantes ; les besoins d'eau sont presque nuls. C'est la période des eaux moyennes du Nil.

Au printemps, ces cultures disparaissent, mais alors commence la préparation des terres pour l'ensemencement du coton dans le Delta et dans la partie nord de la Moyenne Égypte, pour la plantation de la canne à sucre dans la Haute Égypte et dans la partie sud de la Moyenne Égypte. La demande d'eau devient alors plus pressante; la chaleur commence d'ailleurs à se faire sentir ; l'alimentation des canaux doit être réglée avec d'autant plus de soin que le niveau du Nil s'abaisse de plus en plus; c'est la période d'étiage. Au même moment, dans le nord de la Basse Égypte, se sème le riz qui a besoin d'arrosages fréquents et abondants.

Puis, brusquement, aussitôt que la crue du Nil arrive, la dépense d'eau d'irrigation augmente dans des proportions considérables. A cette époque de l'année, en effet, la chaleur devient intense et les cultures de coton, de

[1] Voir page 52 et suivante l'échelonnement des diverses cultures. Les cultures d'été (coton, canne à sucre, etc.) sont dites *sefi;* les cultures d'hiver (céréales, fourrages, etc.) *chetoui* et les cultures de maïs ou de sorgho (dourah) qui se font pendant la crue, *nili*.

canne à sucre et de riz réclament plus d'arrosages que jamais. En outre. vers la fin de juillet, commence l'ensemencement du maïs et du dourah qui couvrent une grande surface, et il faut beaucoup d'eau pour ameublir et mouiller la terre destinée à recevoir ces plantes, et ensuite pour les arroser fréquemment de façon à hâter leur maturité. Lorsque la crue est en retard, c'est une période critique pour les irrigations.

Enfin, pendant le maximum et la décroissance de la crue, c'est-à-dire en septembre et en octobre, les besoins du coton et de la canne à sucre diminuent, mais il faut envoyer de l'eau sur toutes les terres destinées à porter les récoltes de céréales et de fourrages qui se développent pendant l'hiver. A ce moment-là, le Nil est haut et, sauf dans les très mauvaises crues, l'irrigation ne présente pas de grandes difficultés.

Ce rapide aperçu montre que, d'une façon générale, le niveau de la crue intéresse relativement peu le Delta, tandis que son importance est prédominante pour la Haute Égypte ; au contraire, le régime de l'étiage a une influence énorme sur la prospérité de la Basse Égypte, car c'est pendant l'étiage que sont sur pied les cultures les plus riches.

CANAUX NILI ET SEFI

Les dimensions des canaux d'arrosage doivent être calculées de façon à satisfaire à tout moment aux divers besoins de l'agriculture en tenant compte du niveau variable des eaux du Nil. Ces canaux sont de deux sortes : les uns, à chenal profond, coulent toute l'année ; on les nomme canaux *sefi ;* ce sont de beaucoup les plus nombreux ; les autres, à plafond plus relevé, ne prennent l'eau que lorsque la crue arrive à un certain niveau, c'est-à-dire vers le commencement du mois d'août en année moyenne. Ces derniers canaux se nomment canaux *nili.* Ils viennent en aide aux canaux *sefi* pour distribuer l'eau de la crue que ceux-ci ne pourraient suffire à répartir sur les terres ; car, à ce moment-là, c'est toute la surface du territoire à peu près qu'il faut irriguer, tandis que pendant l'étiage on n'a à pourvoir qu'à l'arrosage d'un peu plus du tiers de cette superficie. Il n'y a pas d'ailleurs, dans la Basse Égypte, de grands canaux nili ; presque toute l'eau d'irrigation entre dans les provinces par les six grands canaux indiqués ci-dessus ; les canaux nili ne sont que des embranchements des grands canaux ou des prises faites sur les bords du Nil pour l'arrosage des terrains voisins du fleuve.

Beaucoup de canaux nili ont été remplacés par des canaux sefi au fur et à mesure que les bénéfices de la culture d'été, dite sefi, ont été assurés à des régions plus étendues par de nouvelles ramifications des grandes artères.

DÉPENSE D'EAU

La base de tout système d'irrigation rationnel est la connaissance aussi exacte que possible, d'une part, de la consommation d'eau qui est nécessaire aux différentes cultures, et, d'autre part, de la superficie qui est normalement cultivée à chaque époque de l'année, de telle sorte que les canaux d'irrigation puissent être établis de façon à détourner du fleuve dans chaque saison, en tenant compte de son débit et de son niveau variables, le volume d'eau réclamé par la terre.

Les éléments de ce problème se sont précisés peu à peu, au fur et à mesure que la demande d'eau d'irrigation, par suite du développement agricole du pays, se rapprochait du volume débité par le Nil pendant l'étiage et lui devenait même supérieure pendant les mauvaises années.

La commission internationale qui avait été nommée pour les études du canal de Suez, fut consultée par le khédive Ismail pour déterminer la quantité d'eau nécessaire à l'irrigation en Égypte ; elle conclut de ses recherches qu'il suffisait d'un débit continu de 55 centilitres par seconde et par hectare de culture.

Linant de Bellefonds, qui avait dirigé les travaux publics sous le règne de Méhémet-Ali, indique dans ses ouvrages[1], comme quantité reconnue suffisante par la pratique, 65 centilitres pour les rizières et 44 centilitres pour les autres cultures, soit, en moyenne, 55 centilitres. Toutefois, le même auteur déclare, dans un autre endroit, que 826 millilitres sont à peine assez pour le coton et pour la canne à sucre et 989 millilitres pour le riz.

L'ingénieur anglais Fowler, qui étudia vers 1875 des projets d'ensemble pour l'irrigation de l'Égypte, basa ses calculs sur une moyenne de 193 millilitres par seconde et par hectare cultivable pendant les basses eaux ; en admettant, ce qui est généralement le cas, que le tiers des terrains reçoive des cultures d'été, ce débit correspondrait à 58 centilitres par hectare de culture.

Le Ministère des Travaux Publics, dans des projets d'irrigation par machines élévatoires élaborés vers 1883, considérait comme répondant aux besoins un débit continu de 65 centilitres par seconde et par hectare. Pour les rizières toutefois, ce chiffre était regardé comme insuffisant.

Mais, pendant toute cette période, l'irrigation était encore dans la période des tâtonnements. Le désordre régnait dans la distribution des eaux par suite de l'influence locale des gros propriétaires et de l'action prépondérante des grands personnages qui détournaient au profit de leurs terres la

[1] Voir Mémoires sur les principaux travaux publics en Égypte par Linant de Bellefonds bey.

majeure partie du débit des canaux; en outre, à cause d'une mauvaise réglementation des vitesses d'écoulement, des envasements considérables se produisaient dans les canaux dont le curage, exécuté avec beaucoup de difficultés par la corvée, n'arrivait jamais à donner les sections requises ; enfin, on ne dressait pas de statistiques des cultures. Dans de pareilles conditions, il était impossible d'établir des chiffres de consommation d'eau sur des données à la fois assez larges et assez précises pour inspirer toute confiance.

Dans les années qui suivirent, le service des irrigations ayant commencé à prendre une allure plus régulière sous la direction énergique des ingénieurs anglais, les débits des canaux et les superficies arrosées furent contrôlés plus exactement et on put étudier de plus près tout ce qui concerne l'irrigation des grandes surfaces de terres.

En 1887, des travaux importants furent entrepris pour amener le réseau des canaux de la Basse Égypte à son état actuel. On admit alors qu'un débit de 826 millilitres par seconde et par hectare de culture d'été donne une bonne irrigation pendant les basses eaux et que, pour les rizières, il faut compter un peu plus. On estima d'ailleurs que ces 826 millilitres appliqués au tiers de la surface cultivable d'une région suffisent largement aux besoins, et c'est ce chiffre de $\frac{0,825 \text{ l.}}{3} = 0,275$ l. par seconde et par hectare qui servit de base pour les calculs du débit d'étiage des canaux. Ce volume, étant celui que doivent porter les canaux à leur prise, tient compte des pertes par évaporation et par infiltration.

Mais on ne doit pas se préoccuper que du débit d'étiage. Nous avons dit qu'au moment où les eaux du Nil montent, on sème de grandes surfaces en maïs et en dourah auxquelles il faut donner beaucoup d'eau tout en réservant celle qui est nécessaire aux cultures d'été (coton et canne à sucre). A l'époque dont nous parlons, c'est-à-dire vers 1887, les semailles de maïs et de dourah se faisaient dans toute l'Égypte au commencement d'août, pendant un espace de temps qui ne dépassait pas quinze à vingt jours, et on calculait que la quantité d'eau à amener alors sur une région déterminée devait être quintuple de celle qui est fournie pendant l'étiage[1] ; mais on se basa sur une proportion moindre, pensant avec raison que, lorsque les paysans seraient assurés d'une distribution d'eau équitable et régulière, ils se hâteraient moins de faire ces semailles qui se trouveraient, sans inconvénient pour les récoltes, échelonnées sur une plus longue période, soit de la fin de juillet à la fin d'août. Les profils en travers des canaux furent donc prévus pour donner en juillet et en août trois fois plus d'eau que pendant l'étiage et aussi pour débiter pendant le plein de la crue, c'est-

[1] L'arrosage nécessaire pour les semailles du dourah exige d'ailleurs trois fois plus d'eau qu'un arrosage ordinaire.

à-dire en septembre et en octobre, les quantités d'eau nécessaires tant pour la préparation des cultures d'hiver que pour les arrosages du maïs et du coton [1].

En 1893, lorsque le Ministère des Travaux Publics décida l'étude de la construction de réservoirs destinés à emmagasiner les eaux de la crue pour augmenter le débit d'étiage, on dut serrer la question de plus près et calculer dans quelle proportion le débit du Nil est utilisé mois par mois pour l'irrigation. Les chiffres suivants furent adoptés [2].

En été, la quantité maxima nécessaire pour la bonne irrigation d'un hectare de coton correspond à l'épandage d'un débit continu de 467 millilitres d'eau par seconde ; il faut en outre prévoir 147 millilitres par seconde et par hectare de terrain irrigué pour compenser les pertes dues à l'évaporation et à l'absorption avant l'arrivée de l'eau aux champs ; c'est donc 605 millilitres d'eau qu'il faut fournir à la prise du canal sur le Nil par hectare cultivé en coton. Pour la canne à sucre, c'est la même chose.

Pour les cultures à arrosage continu et abondant comme le riz, il faut prévoir 1,100 l. par hectare et par jour, pendant l'été comme pendant la crue.

Pour les cultures d'hiver, 302 millilitres par hectare irrigué et par seconde, suffisent.

On admit, en outre, d'une façon générale, qu'un tiers de la surface cultivable porte des cultures d'été et qu'un tiers des surfaces propres à la culture du riz est affecté chaque année à cette culture.

Partant de ces données et les appliquant au régime des cultures qui a été exposé plus haut [3], on fixa comme suit le débit à la prise des canaux, par seconde et par hectare irrigable, aux diverses époques de l'année.

Janvier à fin juin	0,220 litre.
1er au 15 juillet	0.357 —
16 juillet à fin octobre	0,687 —
Novembre	0,302 —
Décembre	0,220 —

Ces chiffres tiennent compte des quantités plus abondantes d'eau qu'il

[1] Dans les Indes, pour des régions cultivées à peu près dans les mêmes conditions que la Basse Égypte, on calcule de 22 à 28 centilitres par hectare cultivable; et, dans la province du Bengale, 874 millilitres par hectare cultivé.

En Lombardie, d'après Nadaul de Buffon, on compte pour les prairies naturelles 1 litre par seconde et par hectare; pour les rizières 2.5 l.; pour les autres cultures 6 décilitres; soit en moyenne 1 litre par seconde et par hectare pour une région suffisamment étendue.

Dans le midi de l'Espagne (Irrigations du Midi de l'Espagne, par Ch. Aymard) les débits varient de 75 centilitres à 1 litre pour les cultures ordinaires et vont jusqu'à 2,48 l. pour les rizières.

Enfin, dans le midi de la France, on estime qu'un débit continu de 75 centilitres donne une irrigation suffisante; mais, quand on le peut, on prend pour base des calculs 1 litre par seconde et par hectare.

[2] Rapport sur l'irrigation pérenne par M. Willcocks, novembre 1893.

[3] Voir pages 52 et suivante; 118 et suivante.

faut aux terres au moment de leur préparation pour les semailles et aussi de la moins grande urgence des arrosages pendant la période fraîche de l'année.

Toutefois, dans son rapport officiel sur les irrigations de la Basse Égypte pour l'année 1900, M. le major Brown, inspecteur général des irrigations, fait remarquer, que tout en acceptant comme correct pour les cultures d'été le chiffre de 0,605 l. par seconde et par hectare irrigué, il convient de tenir compte dorénavant, dans les projets d'irrigation, de ce que la culture du coton s'est beaucoup étendue proportionnellement à la surface cultivable, et de ce qu'elle couvre maintenant non pas le tiers, mais les deux cinquièmes de cette surface. Dans ces conditions, le débit à assurer à un canal serait de 0,247 l. par seconde et par hectare cultivable en étiage, au lieu de 0,220 l., chiffre précédemment fixé, la question spéciale des rizières devant d'ailleurs être considérée en dehors de ce chiffre.

En résumé, on peut admettre comme débit minimum des canaux pendant l'été, c'est-à-dire pendant l'étiage :

Pour le riz : 1,100 l. par seconde et par hectare cultivé.

Pour le coton et la canne à sucre : 0,605 l. par seconde et par hectare cultivé.

Pour la culture d'hiver : 0,302 l. par seconde et par hectare cultivé.

Par rapport à la surface cultivable, 0,247 l. par seconde et par hectare pendant l'été, 0,687 l. pendant la crue et 0,220 pendant l'hiver.

Si l'on applique ces chiffres aux territoires d'irrigation permanente, le canal Ibrahimieh devrait avoir dans les plus basses eaux un débit de 46,50 m^3. pour arroser les 77 000 hectares de culture d'été qu'il dessert, Fayoum compris; et, dans la Basse Égypte, où l'on cultive annuellement en moyenne 57 000 hectares de riz et 515 000 hectares d'autres cultures d'été (coton, etc.), le débit total à prévoir par seconde pour l'ensemble des canaux d'arrosage serait de :

57 000	hectares	× 1,100	litre	=	62,7 mètres cubes.
515 000	—	× 0,605	—	=	311,6 —
		Total.	. . .		374,3 mètres cubes.

Or, le débit minimum d'étiage, année moyenne, au Caire est de 380 m^3. par seconde, et peut descendre jusqu'à 220 m^3. par seconde pendant les plus mauvaises années, ainsi qu'il est résulté des mesurages faits le 13 juin 1900 à la prise des canaux d'alimentation du Delta[1]. Ces chiffres montrent la difficulté qu'il y a, pendant les faibles étiages, à donner au Delta, par suite du développement qu'ont pris dans ces dernières années les cultures d'été, la quantité d'eau nécessaire.

[1] En l'année 1900, le débit s'est maintenu à ce chiffre ou à peu près pendant plus de deux mois.

Il est vrai que, à une certaine distance en aval du barrage du Delta, les deux branches du Nil récupèrent des eaux provenant, par infiltration à travers le sol, soit des canaux et des terres arrosées, soit de la nappe souterraine et que ces eaux, puisées par des machines élévatoires, viennent en aide à l'alimentation insuffisante des canaux. Mais on n'obtient guère ainsi qu'un débit total supplémentaire de 45 à 50 mètres cube par seconde, qui, ajouté aux 220 mètres cubes indiqués plus haut, ne donne encore pour tout le Delta qu'un débit total de 270 mètres cubes par seconde pour être affecté à l'irrigation. Aussi, ce n'est qu'en sacrifiant de parti pris les cultures de riz d'été, peu rénumératrices par elles-mêmes, qu'on a pu, en 1900, sauver le récolte du coton, en lui assurant, pendant la période la plus mauvaise, c'est-à-dire entre le 7 mai et le 21 juin, un débit continu de 0,500 l. par seconde et par hectare.

La même année, les cultures séfi dépendant du canal Ibrahimieh consommèrent, au moment le plus critique, 0,497 l. par seconde et par hectare cultivé, mais en prenant toute la période d'étiage, soit du 1er avril au 15 juillet, la dépense moyenne fut supérieure à la dépense théorique ; elle s'éleva à 0,731 par hectare cultivé.

La dépense d'eau d'irrigation est naturellement un peu élastique. Elle est forcément plus forte dans les terres légères et sableuses que dans les terres argileuses. Elle est plus élevée également lorsque le niveau du Nil est favorable et que les canaux donnent aux cultivateurs tout le débit qu'ils demandent ; et ils en demandent même parfois plus qu'il ne convient pour la bonne tenue des récoltes, étant enclins à abuser de cette source de richesses qui passe à portée de leurs mains. D'un autre côté, dans les mauvaises années, avec une judicieuse répartition des arrosages, on peut arriver, sans causer trop de préjudices aux récoltes, à diminuer la consommation jusqu'aux environs d'un demi-litre par seconde et par hectare, au moins pour quelque temps.

Pendant les périodes de bas étiage, les ingénieurs d'irrigation mettent tous leurs soins à assurer une juste répartition des eaux disponibles entre les divers districts, suivant l'étendue des cultures, et à éviter tout gaspillage.

On peut à la rigueur empêcher le gaspillage par une stricte surveillance ; mais la répartition équitable des eaux tout le long de canaux dont les artères principales ont 150 à 200 kilomètres, présente de grandes difficultés, surtout en raison de la rapidité du développement qu'ont pris les cultures d'été pendant les dernières années, rapidité qui n'a pas toujours permis de maintenir les dimensions des ouvrages régulateurs et distributeurs en rapport avec les besoins croissants de l'agriculture. Il en résulte que la dépense effective d'eau est assez différente d'une province à une autre.

Ainsi, en 1899, année de bon étiage, parmi les provinces desservies par le canal Ibrahimieh, tandis que le Fayoum recevait 0,860 l. par hectare cultivé en sefi, les provinces de Minieh et de Benisouef n'en recevaient que 0,522 l. Dans le Delta, les provinces de l'est consommaient la même année comme minimun 0,797 l., les provinces du centre 0,632 l. et les provinces de l'ouest 0,735 l. Pendant l'année 1900, la répartition a été plus équitable; elle a varié de un dixième seulement entre les trois parties du Delta, mais encore de 30 p. 100 entre les diverses provinces arrosées par le canal Ibrahimieh.

Après l'étiage, un autre moment critique pour l'irrigation est celui des semailles du maïs. Vers le 15 juillet, il se produit une énorme demande d'eau pour la préparation des terres destinées à cette culture, et cependant le Nil est à peine encore en crue. Il faut à ce moment-là 0,687 l. par seconde et par hectare cultivable, ce qui, rien que pour les terres du Delta et celles qui dépendent du canal Ibrahimieh, et sans parler des autres terres de la Haute Égypte qui portent des cultures séfi, représente déjà un débit continu de près de 1 100 mètres cubes par seconde. Or, le débit moyen du Nil au mois de juillet est de 1 890 mètres cubes par seconde; pour peu que la crue soit faible ou en retard, il peut tomber à 1 350 mètres cubes, comme en 1899, ou à 1 000 mètres cubes, comme en 1882, et c'est alors impossible de fournir aux cultivateurs toute l'eau qu'ils réclament. Dans ce cas, la solution consiste à pourvoir d'abord aux besoins de la récolte de coton et de canne à sucre qui est en pleine végétation et à faire retarder un peu les semailles de maïs, ce qui ne présente pas de grands inconvénients pour cette plante.

Pendant la crue elle-même, l'eau ne manque pas dans le Nil ni dans les canaux. Il s'agit alors, sans cesser d'irriguer le coton et la canne à sucre, de répartir en outre une quantité d'eau abondante sur une énorme superficie, représentant à peu près les deux tiers de la surface cultivable, pour la préparation des terres destinées aux céréales et cultivées après la crue. Ces récoltes n'ont pas une grande valeur et par suite ne peuvent supporter beaucoup de frais; aussi les ingénieurs doivent s'appliquer à maintenir dans les canaux un niveau au moins aussi élevé que celui des terres à arroser, de façon à ce que l'eau puisse s'y répandre par simple gravitation, sans dépense d'élévation. Le problème ne présente guère de difficulté que dans les années de basses crues, et nous avons vu comment, dans ce cas, on cherche à profiter de l'onde produite dans le Nil par la vidange des bassins de la Haute Égypte, pour obtenir, à la pointe du Delta, un gonflement artificiel qui assure au moins pendant quelques jours le niveau désiré de 19,80 m. (23 p. 12 k.), à l'échelle du Caire.

Après la crue et pendant l'hiver, la fourniture de l'eau se fait toujours

dans de bonnes conditions, le débit du Nil étant de beaucoup supérieur aux besoins de cette saison.

NIVEAU DE L'EAU DANS LES CANAUX; MACHINES ÉLÉVATOIRES

La pente de l'eau dans les canaux est réglée à raison de 0,04 m. à 0,05 m. par kilomètre; c'est celle qui a été reconnue comme la plus favorable pour éviter à la fois les envasements du lit et les érosions des berges. Or le Nil, à la prise des canaux, est, pendant l'étiage, même avec un barrage construit au travers du fleuve, comme à la pointe du Delta, notablement plus bas que la surface des terres voisines; par suite, comme la pente de la vallée est de 0,08 m. à 0,10 m. par kilomètre, ce n'est qu'après un assez long parcours, parfois de 50 à 60 kilomètres, qu'un canal peut amener l'eau au niveau du sol à arroser.

Les canaux sont, il est vrai, coupés de distance en distance par des régulateurs ou ponts-barrages, ordinairement construits en aval des principaux embranchements et destinés à régler dans chaque bief les niveaux, les pentes et les débits. Au moyen de ces ouvrages, on peut, lorsque les eaux sont peu chargées de limon, c'est-à-dire pendant l'étiage, en exhausser le niveau aux dépens de la vitesse, les rapprocher ainsi plus rapidement de la surface des terres riveraines et les relever jusqu'à cette hauteur et même davantage. C'est ce qui se pratique régulièrement pour le canal Ibrahimieh qui distribue ses eaux toute l'année au niveau des terres ou à peu près. Mais, dans la Basse Égypte, on ne cherche pas ordinairement à obtenir ce résultat; on y craint et les pertes d'eau qui se produiraient par l'imbibition du sol sous une plus forte charge et les détériorations que subiraient, par suite des infiltrations, les terres bordant le canal non encore pourvues de moyens de drainage suffisants. Aussi, et c'est là une des caractéristiques de l'irrigation égyptienne, presque partout dans la Basse Égypte l'eau est amenée sur les terres au moyen de machines élévatoires, sauf pendant la crue. La hauteur d'élévation et la durée pendant laquelle on doit y recourir sont naturellement moins grandes le long des biefs inférieurs des canaux.

Ces machines élévatoires sont établies, les unes sur les berges mêmes du Nil pour l'irrigation des terres riveraines du fleuve, d'autres sur les bords des canaux, d'autres sur des puits creusés jusqu'à la nappe souterraine dans les régions non desservies par des canaux sefi et où l'on fait cependant des cultures d'été.

L'Égypte est donc couverte de machines d'arrosage. Dans les propriétés importantes, on se sert de pompes à vapeur; ce sont ordinairement des pompes centrifuges actionnées par des machines fixes et le plus souvent par des locomobiles.

Dans les petites exploitations, les hommes ou les animaux servent de moteurs aux appareils de diverses espèces utilisés pour l'irrigation. Pour les faibles hauteurs, jusqu'à 1 mètre, on se sert du *nataleh*, sorte de seau en cuir que deux hommes font osciller au moyen de quatre cordes entre le canal et la rigole d'arrosage, ou encore de petites vis d'Archimède en bois manœuvrées par deux hommes. Pour des hauteurs pouvant aller jusqu'à 3 mètres, le seau en cuir est suspendu à un levier équilibré tournant autour d'un axe supporté par deux piliers; cet appareil appelé *chadouf* est mis en marche par un ou deux hommes. Lorsque la différence de niveau est trop grande pour un seul chadouf, on en superpose plusieurs, chacun d'eux puisant l'eau dans la rigole où l'a élevée le chadouf inférieur. Des tympans, des norias de diverses sortes sont également installées le long du Nil et des canaux et se meuvent au moyen de manèges auxquels on attèle un bœuf, un buffle ou un cheval, parfois un âne ou un chameau. Enfin, dans le Fayoum, des roues à palettes actionnées par le courant des canaux, plus rapide dans cette région de l'Égypte, ont leur couronne garnie de pots en terre cuite qui élèvent l'eau comme les augets d'une noria.

La force du vent n'est jamais employée en Égypte pour les appareils d'arrosage.

DISTRIBUTION DES EAUX, ROTATIONS

Ainsi l'eau n'est pas distribuée en Égypte par des prises d'eau exactement réglées et calibrées d'après l'étendue de chaque propriété; le tuyau d'une pompe, le chapelet d'une noria, le seau d'un chadouf ou d'un nataleh plongent soit directement dans le canal, soit dans une rigole dérivée du canal et élèvent l'eau jusqu'aux terres sans autre limite que le débit du canal et la puissance du moteur. En principe, tous ces appareils fonctionnent librement et dans les endroits qui conviennent le mieux au fellah, avec cette seule restriction que les pompes à vapeur et les norias ou *sakiehs* ne peuvent être installées qu'avec une autorisation du service des irrigations. Le gouvernement amène l'eau à portée des terres et le paysan la fait monter jusqu'à son champ, à son gré, par ses propres appareils et avec ses propres moyens.

Dans ces conditions, lorsque l'eau d'un canal est à la libre disposition du public, il y a de grandes chances pour que le gaspillage le long des biefs supérieurs n'affame les biefs d'aval au détriment des cultures que ceux-ci desservent, surtout lorsqu'il s'agit de canaux de grande longueur ayant 150 à 200 kilomètres. D'où, première nécessité d'une réglementation dans les moments où il faut répartir judicieusement tout le long des canaux une quantité d'eau limitée et peu différente de celle qui est nécessaire.

D'un autre côté, même si le canal est, à certaines époques de l'année, assez largement alimenté pour suffire à tous les besoins, une introduction

d'eau trop abondante dans les rigoles particulières nuit à la terre et rend plus difficile le drainage en congestionnant les canaux de colature ; de là, utilité d'une réglementation en tout temps, dans la mesure où les habitudes locales peuvent le permettre.

En troisième lieu, lorsque les canaux coulent longtemps au niveau des terres ou à un niveau rapproché, et que ces terres ne sont pas pourvues de moyens de drainages suffisants, ce qui est généralement le cas, des infiltrations se produisent à d'assez grandes distances le long des berges et font remonter à la surface du sol des efflorescences salines qui abîment la terre. Pour éviter ces inconvénients, il est bon d'abaisser de temps en temps le plan d'eau afin que la cuvette même du canal serve à drainer ces infiltrations.

Enfin, il est nécessaire, après le passage de la crue, d'enlever du lit des canaux le limon qui s'y est déposé, et de rétablir la section nécessaire au débit des basses eaux. Dans les grands canaux, ce curage se fait au moyen de dragues ; mais le travail s'exécute à la main dans la plupart des canaux secondaires et des petits canaux et nécessite leur mise à sec pendant une certaine période de temps chaque année.

Pour ces diverses raisons, on s'est trouvé dans l'obligation d'avoir recours, presque pendant chaque saison, à des arrangements spéciaux, désignés sous le nom de *rotations* et comportant des périodes alternatives de chômage et d'alimentation.

A partir de 1897, le programme annuel des rotations pour la Basse Égypte a été établi sur les bases suivantes :

Du 20 décembre au 31 janvier, abaissement général du plan d'eau dans les canaux pour les travaux de curage ; c'est l'époque où les cultures d'hiver, semées fin octobre ou en novembre après les forts arrosages de la crue, n'ont pas encore besoin d'irrigation.

Pendant les mois de février, mars et avril, arrosages d'hiver sans rotations ; dans cette saison, à la fin de laquelle se fait la préparation de la terre pour les semailles du coton, le débit des canaux est toujours suffisant pour les besoins et le plan d'eau n'est pas assez élevé pour que les infiltrations soient nuisibles aux abords des canaux.

Du 1er mai au 20 juin, rotations de printemps ; il commence à être nécessaire de ménager l'eau.

Du 21 juin au 20 août, rotations d'été, très sévères pendant les années de bas étiage où la demande d'eau est supérieure au débit des canaux, tant dans la première partie de cette période pour l'arrosage du coton, que vers la fin, au moment où se font les semailles du maïs.

Du 21 août au 20 septembre, plein débit de crue ; il faut alors de l'eau largement pour toutes les terres cultivables de la région.

Du 21 septembre au 30 novembre, rotations de crue, pour empêcher un mouillage surabondant des terres et en faciliter le drainage. Ces rotations sont en outre utiles, dans les années où la crue est basse et n'atteint pas une hauteur suffisante, pour assurer aux canaux leur plein débit ; avec un bon système de rotations on peut alors obtenir alternativement dans les embranchements un niveau suffisant pour l'arrosage des terres par gravitation, ce qui est nécessaire dans cette période d'irrigation générale et intensive.

Du 1er décembre au 19 décembre, pas de rotations ; on donne de l'eau à toutes les terres avant le chômage de quarante jours nécessité par les travaux de curage.

Ainsi on admet que, sauf pendant les mois de février, mars et avril, pendant un mois d'été et vingt jours du mois de décembre, les rotations doivent être appliquées aux canaux d'irrigation tout le reste de l'année ; celles d'été étant spécialement destinées à utiliser le mieux possible le débit d'étiage des canaux ; celles du printemps et de crue, à empêcher que les terres ne souffrent d'être trop imprégnées d'eau ; celles d'hiver, à faciliter le curage des canaux.

Ce n'est guère que vers 1886 qu'on fit en Égypte les premiers essais du système de distribution par rotations et le programme annuel ci-dessus n'a été élaboré qu'après une expérience de près de dix années. Ce n'est d'ailleurs qu'un programme général que les fonctionnaires supérieurs du service des irrigations ont le droit de modifier pour l'accommoder chaque année aux besoins et aux conditions de chaque province. La durée des rotations d'été, notamment, dépend du régime de chaque étiage ; elle est plus longue dans les années mauvaises et dans les régions moins facilement alimentées. Certains ingénieurs sont d'avis qu'il est préférable que ces rotations d'étiage soient établies chaque année à date fixe, quel que soit l'état du fleuve ; il paraît cependant plus ordinairement admis qu'il faut restreindre autant que possible leur durée, car c'est alors la saison chaude et les canaux sont pour beaucoup de villages la seule source d'alimentation en eau potable. D'autre part, les rotations sévères de cette période de l'année où l'arrosage est si nécessaire aux cultures, mettent un grand pouvoir entre les mains des agents subalternes et ouvrent la porte aux abus et à la corruption ; donc, à ce point de vue encore, il y a lieu d'en limiter l'extension aux nécessités réelles de la saison.

L'application des rotations donne lieu à des mesures plus ou moins strictes, suivant que la demande d'eau excède plus ou moins le débit des canaux. Elle devient très rigoureuse pendant les bas étiages ; il est alors formellement prohibé de puiser avec n'importe quel appareil dans les parties de canaux qui, mises en chômage, continuent cependant à porter de l'eau pour alimenter les biefs d'aval ; tandis que, dans les rotations ordi-

naires, on tolère le fonctionnement des petits appareils tels que natalehs, chadoufs et sakiehs.

Dans le cours de l'année, la durée des périodes alternatives de chômage et d'exploitation est fixée de telle sorte que les cultures ne souffrent pas ; mais, en été, quand l'eau devient rare, les périodes de chômage sont allongées et celles d'exploitation réduites de façon à la répartir aussi équitablement que possible dans chaque système de canaux. Dans tous les cas, les bases d'un programme de rotations sont la connaissance, d'abord de l'intervalle qu'une culture peut supporter entre deux arrosages, et ensuite du temps que chaque machine met à irriguer la superficie à laquelle elle est affectée.

Au moment de l'étiage, deux sortes de cultures sont sur pied, le coton ou la canne à sucre et, dans les districts du nord, le riz.

Pour le coton, M. Willcocks cite que, d'après des expériences faites par lui en 1888, un arrosage tous les vingt jours donne de très beaux produits; qu'avec un arrosage tous les trente jours, la plante commence à souffrir; qu'elle dépérit très sensiblement avec un arrosage tous les quarante jours et qu'avec un arrosage tous les cinquante jours, la végétation s'arrête. En fait, quand l'irrigation est libre, on arrose le coton tous les quinze jours, et même tous les dix jours, mais le service des irrigations considère que le coton le plus prospère est celui qui reçoit un arrosage tous les vingt et un jours[1]. D'autre part, on a constaté qu'il faut en moyenne six jours à une machine à vapeur ou à une sakieh pour irriguer la récolte de coton qu'elle dessert, à raison de 830 mètres cubes par hectare, quantité reconnue très suffisante pour un bon arrosage. Une récolte de coton réclame ainsi dix ou douze arrosages du mois d'avril au mois de septembre, soit 8 à 10 000 mètres cubes d'eau en total par hectare.

La culture du riz se présente dans des conditions très différentes au point de vue de l'irrigation. Il prend autant d'eau qu'on peut lui en donner ; il lui faut, en tout cas, un arrosage tous les quatre jours quand il est jeune, et jamais moins que tous les huit jours ; un intervalle de cinq à six jours constitue une bonne moyenne.

La canne à sucre se comporte à peu près comme le coton.

Le maïs demande un arrosage tous les dix à douze jours.

Quant aux cultures d'hiver, elles ont besoin au maximum de deux ou trois arrosages, suivant les conditions climatériques, à partir du mois de février.

Sur ces données, les rotations d'hiver, de printemps et de crue, c'est-à-dire des saisons où l'eau est assez abondante dans les canaux, se font

[1] Beaucoup de bons agriculteurs préféreraient des arrosages plus rapprochés et moins abondants dépensant en totalité la même quantité d'eau.

ordinairement par chômages de sept jours espacés de sept jours, ou encore par chômages de dix jours espacés de dix jours ; le premier cas correspondant à un arrosage tous les quinze jours et le second à un arrosage tous les vingt jours. Mais, pendant l'étiage, on accorde pour le coton six jours d'exploitation seulement pour quatorze jours de chômage et, quand il faut resserrer encore la distribution, on arrive à six jours d'exploitation pour vingt-quatre jours et même vingt-huit jours de chômage, comme en 1900, année de très bas étiage. Avec un programme aussi rigoureux, le coton souffre forcément ; cependant, en 1900, la récolte a été en moyenne assez bonne.

Mais de semblables arrangements ne sont pas applicables au riz qui réclame des arrosages fréquents ; aussi on éprouve de grandes difficultés à régler les rotations dans la Basse Égypte sur les canaux qui arrosent à la fois du coton et du riz, quoique ce dernier soit généralement concentré dans les biefs d'aval.

Dans les années de disette d'eau, on établit les rotations sans tenir compte des rizières. Comme correctif à cette mesure, on a eu soin, lorsque les prévisions d'étiage sont mauvaises, d'avertir les paysans qu'on ne leur garantit pas d'eau pour leurs plantations de riz d'été ou *sultani* ; ils peuvent alors retarder leurs semailles de quelques mois et semer au moment de la crue du riz tardif ou *sabaini ;* souvent aussi ils remplacent leur riz par une récolte médiocre de coton.

Le meilleur système serait évidemment de partager les canaux en artères principales qui seraient toujours en eau et qui seraient de simples canaux d'amenée non utilisés pour l'arrosage, et en canaux secondaires qui seraient des canaux d'arrosage et sur lesquels s'exerceraient les rotations. Mais, pour le moment, le réseau des canaux n'est pas encore disposé pour qu'il en soit ainsi.

Ordinairement, pour les rotations, chaque groupe de canaux est divisé en trois ou quatre sections, une seule section travaillant pendant que les autres sont en chômage. Toutefois, dans le Fayoum, on emploie un autre procédé. Les canaux de cette province sont tous issus du Bahr Yousef (voir pl. V). On les partage, au point de vue des rotations, en trois classes, suivant la surface des terres cultivables qu'ils desservent :

1ʳᵉ classe : canaux desservant 4000 hectares ou plus.
2ᵉ classe : — de 4000 à 1000 hectares.
3ᵉ classe : — moins de 1000 hectares.

Les canaux de première classe commandent en tout 91 000 hectares ; chaque canal est divisé en trois sections et chaque section reçoit l'eau à son tour pour une durée proportionnelle à sa surface cultivable, de façon à ce que la rotation soit terminée en douze jours.

Les canaux de la deuxième classe, qui commandent en tout 18 000 hectares, sont divisés en deux sections chacun, chaque section recevant l'eau à son tour proportionnellement à sa surface cultivable et de telle sorte que la rotation soit terminée en douze jours.

Les canaux de la troisième classe sont divisés en deux groupes, chaque groupe recevant alternativement l'eau pendant six jours et étant à sec pendant six jours. Ces canaux commandent en tout 7000 hectares.

Le débit du Bahr Yousef est partagé entre les canaux en proportion de la surface qu'ils commandent, les deux sections de la troisième classe recevant double alimentation pendant leur période de fonctionnement.

Ce système marche bien. La période de douze jours est établie au Fayoum parce que les terres y sont légères et supporteraient difficilement plus d'intervalle entre les arrosages.

Qelques exemples feront mieux saisir la manière dont sont appliquées les rotations d'étiage suivant l'état du Nil.

En 1899, année de bon étiage et de très mauvaise crue, des rotations générales, dans les provinces du centre du Delta, commencèrent à être appliquées le 26 mai, avec sept jours de travail pour neuf jours de chômage ; dans les districts à rizières du nord de ces provinces, on donna quatre jours de travail et six jours de chômage. A la fin de juin, on éprouva des difficultés pour l'arrosage du maïs et on mit en vigueur un deuxième programme comportant dans les districts du nord sept jours de travail et sept jours de chômage et, dans les districts du sud, sept jours de travail et quatorze jours de chômage. Mais cette dernière répartition fut encore trop large, on manqua d'eau à l'extrémité nord de certains canaux, et là quelques terres ne purent avoir qu'un seul arrosage en trente ou quarante jours.

On fit pendant la crue, cette année-là, des rotations avec sept jours de plein débit et sept jours d'un débit réduit aux deux tiers.

En 1900, l'étiage s'annonçant très mauvais, on prit pour le Delta des mesures exceptionnelles.

En premier lieu, on publia de bonne heure, dès le mois de février, le programme des rotations, de façon à ce que tout le monde les connût à l'avance et que l'on vît nettement que la culture du riz d'été serait impossible.

En second lieu, il fallait à tout prix éviter la forte demande d'eau qui se produit au moment des semailles du maïs, avant même le commencement de la crue. Un décret spécial interdit, jusqu'à une date à fixer par le ministre des Travaux Publics, d'arroser les terres connues généralement dans la Basse Égypte sous le nom de terres *charaki* et réservées pour l'ensemencement du maïs ou de toute autre culture dont l'ensemencement se prépare de la même manière que celui du maïs. Cette interdiction ne s'appliquait

pas toutefois aux terres réservées à la culture des légumes et des cucurbitacées (melons, pastèques, concombres, etc.), ou aux cultures dont l'arrosage pouvait s'effectuer au moyen d'eau puisée dans des puits n'ayant pas de communication avec un canal ou au moyen de machines à vapeur établies sur le Nil et dûment autorisées[1].

L'interdiction relative à l'arrosage des terres charaki fut levée à des dates variant du 12 au 23 juillet, suivant les régions, le Nil ayant atteint à cette époque une hauteur suffisante pour permettre de faire face à cette dépense d'eau.

Les prescriptions suivantes étaient inscrites sur les programmes officiels de rotations :

1° Les pompes établies sur le Nil ne sont pas sujettes aux rotations.

2° Pendant le chômage d'une section, toute prise d'eau publique ou privée et toute machine élévatoire comprise dans cette section doivent être fermées ou arrêtées ; pendant la période du travail, les prises publiques ou privées comprises dans la section sont ouvertes suivant le débit disponible, et les machines élévatoires fonctionnent.

3° Tout propriétaire d'un canal ou d'une machine élévatoire qui ouvre son canal et fait travailler sa machine hors tour est puni conformément à la loi sur les canaux[2] et peut être condamné à la fermeture de sa prise ou à l'arrêt de sa machine pour tout ou partie de la période suivante d'activité. En cas de récidive, on pourra fermer définitivement le canal ou arrêter la machine et toutes les autorisations que possède le propriétaire peuvent lui être retirées.

4° Les propriétaires de machines élévatoires ainsi que les propriétaires de canaux ou leurs agents sont rendus directement responsables de l'ouverture des prises ou du fonctionnement des machines hors tour.

5° L'interdiction de faire marcher une machine pendant sa propre période de travail ne donne aucun droit au propriétaire de travailler hors tour.

6° Pour la réglementation des rotations, le jour commence au lever du soleil.

Quelques-unes de ces mesures sont très sévères, mais on comprend combien la police des eaux serait difficile si la loi ne donnait pas les moyens d'arrêter toute infraction énergiquement et rapidement.

La date du commencement des rotations en 1900 était fixée au 14 mars, mais on ne jugea pas utile de les appliquer avant le 4 et le 5 avril dans les

[1] En 1902, année d'étiage aussi très bas, la prohibition fut étendue même aux machines établies le long du Nil sauf pour les îles. Jusque-là, le gouvernement n'avait pas cru pouvoir le faire, considérant que ces machines puisent dans un réservoir naturel qu'il n'avait pas le droit d'interdire aux riverains.

[2] Voir cette loi chap. XIII.

provinces du Galioubieh et du Charkieh et avant le 16 et le 17 avril dans les autres provinces du Delta.

Trois programmes furent successivement mis en vigueur, de plus en

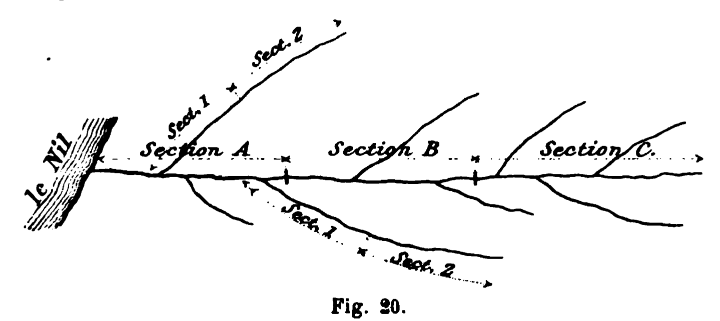


Fig. 20.

plus rigoureux, au fur et à mesure que croissaient les difficultés d'alimentation.

PREMIER PROGRAMME

Un arrosage tous les vingt jours.

Chaque groupe de canaux est partagé en trois sections A, B et C; les canaux principaux ont environ 150 kilomètres de longueur (fig. 20).

DURÉE DES PÉRIODES	TRAVAIL	CHÔMAGE
6 jours.	Section A.	Sections B et C.
1 —	Arrêt général.	
6 —	Section B.	Sections A et C.
1 —	Arrêt général.	
6 —	Section C.	Sections A et B.
20 jours.		

Un jour d'arrêt général est prévu entre chaque période pour permettre le remplissage des canaux et embranchements de la section suivante, de façon à ce que l'eau puisse parvenir jusqu'aux extrémités de cette section avant qu'elle ne commence à travailler. Pendant ce jour de chômage général, aucune machine ne peut fonctionner sans permission ; l'autorisation peut toutefois en être donnée à celles qui, par suite de circonstances spéciales, n'ont pu marcher d'une façon satisfaisante pendant la période de travail qui leur était assignée. On peut ainsi, dans une certaine mesure, corriger la rigueur du système.

Pour certains embranchements un peu longs, on fait également des rotations intérieures par une division en deux sections dont chacune est en chômage pendant deux périodes sur trois.

DEUXIÈME PROGRAMME

Un arrosage en vingt-quatre jours.

Division d'un groupe de canaux en trois sections A, B, C.

DURÉE DES PÉRIODES	TRAVAIL	CHÔMAGE
6 jours.	Section A.	Sections B et C.
2 —	Chômage général.	
6 —	Section B.	Sections A et C.
2 —	Chômage général.	
6 —	Section C.	Sections A et B.
2 —	Chômage général.	
24 jours.		

Les périodes de travail restent de six jours, mais la durée des chômages généraux est de deux jours.

TROISIÈME PROGRAMME

Un arrosage tous les vingt-huit jours.
Division d'un groupe de canaux en quatre sections D, E, F, G.

6 jours.	Section D.	Sections E, F, G.
1 —	Chômage général.	
6 —	Section E.	Sections D, F, G.
1 —	Chômage général.	
6 —	Section F.	Sections D, E, G.
1 —	Chômage général.	
6 —	Section G.	Sections D, E, F.
1 —	Chômage général.	
28 jours.		

Il y eut naturellement quelques modifications locales à ces programmes. Ainsi, dans la province de Charkieh, certains canaux ne purent être divisés qu'en deux ou en quatre sections, mais on conserva les mêmes périodes de travail et de chômage

Pour certains canaux voisins du barrage du Delta, on dut aussi faire des arrangements spéciaux et on accorda quatre jours de travail sur trente jours comme programme le plus sévère.

Enfin sur le canal Ismailieh où le sol est plus léger, on donna trois jours d'arrosage à demi-intervalles, au lieu de six jours à intervalles pleins.

Quoique l'interdiction d'arroser les charaki eût été levée du 12 au 23 juillet, les rotations continuèrent après cette date, pour permettre à l'eau d'arriver jusqu'aux biefs extrêmes des canaux. Mais la rigueur en fut adoucie ; elles comportèrent alors dix jours de travail et dix jours de chômage. Les rotations cessèrent définitivement entre le 5 et le 12 août, suivant les provinces.

Dans la Moyenne Égypte et dans le Fayoum, les rotations de 1900 furent distribuées d'une autre manière.

Au Fayoum, on maintint le programme d'un arrosage en douze jours que nous avons déjà exposé ; il fonctionna du 1er avril au 20 juillet.

Dans le système du canal Ibrahimieh, on commence en général les rota-

tions d'étiage lorsque le Nil descend à la cote 45,50 m. à Assiout, et on les cesse lorsqu'il se relève à la cote 46,00. En 1900 on mit successivement

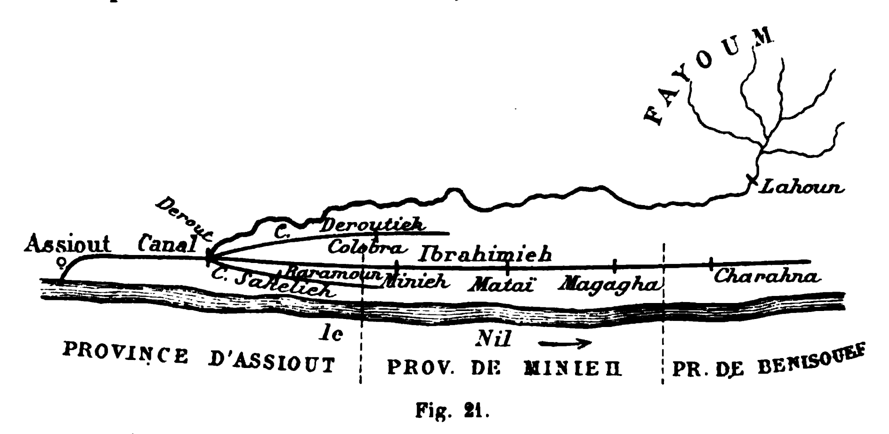


Fig. 21.

en vigueur les trois programmes suivants, à partir du kilomètre 61, c'est-à-dire en aval des ouvrages de distribution de Dérout (fig. 21).

PROGRAMME	PÉRIODE D'APPLICATION	FRÉQUENCE DES ARROSAGES			
		PROVINCE D'ASSIOUT		PROVINCE de Minieh.	PROVINCE de Benisouef.
		Canal Sahelieh.	Canal Deroutieh.		
N° I.	10 mars au 16 avril.	1 en 16 jours	1 en 19 jours	1 en 19 jours	1 en 22 jours
X° II.	16 avril au 10 mai .	1 — 18 —	1 — 22 —	1 — 22 —	1 — 24 —
N° III.	10 mai au 15 juillet.	1 — 20 —	1 — 24 —	1 — 24 —	1 — 26 —

Les tableaux des rotations furent établis comme suit :

Canal Ibrahimieh.

RÉGULATEURS	PROVINCE DE MINIEH						PROV. DE BENISOUEF	
	MINIEH		MATAÏ		MAGAGHA		CHARAHNA	
	NOMBRE DE JOURS						NOMBRE DE JOURS	
	Travail.	Chômage.	Travail.	Chômage.	Travail.	Chômage.	Travail.	Chômage.
Prog. n° I.	7	12	6	13	6	13	10	12
— II.	8	14	7	15	7	15	11	13
— III.	9	15	7 1/2	16 1/2	7 1/2	16 1/2	12	14

Province d'Assiout, canaux Sahelieh et Deroutieh.

CANAUX	SAHELIEH				DEROUTIEH			
RÉGULATEURS	BARAMOUN				COLOBRA			
	Amont.		Aval.		Amont.		Aval.	
	NOMBRE DE JOURS							
	Travail.	Chômage.	Travail.	Chômage.	Travail.	Chômage.	Travail.	Chômage.
Prog. n° I.	8	8	8	8	10	9	9	10
— II.	9	9	8	9	12	10	10	12
— III.	10	10	10	10	13	11	11	13

On dut, en outre, sur certains points de la région de l'Ibrahimieh, établir des rotations spéciales pour les machines à vapeur, afin de permettre à l'eau d'arriver en quantité suffisante dans les biefs d'aval. Ainsi, sur le tronc supérieur du canal Ibrahimieh, entre la prise et les ouvrages distributeurs de Dérout (km. 61), du 10 avril au 15 juillet, les machines élévatoires furent soumises successivement à :

9 jours de travail et 9 jours de chômage;
8 — 10 —
7 — 11 —

Et, pour le Bahr Yousef, entre sa prise dans l'Ibrahimieh, à Dérout, et son entrée au Fayoum, à Lahoun, sur tout ce long trajet où le cours d'eau traverse la région des bassins d'inondation et ne peut être consacré à l'irrigation que pour le surplus de l'eau qui n'est pas nécessaire au Fayoum, entre le 10 mai et le 12 juillet, les machines élévatoires furent soumises à une rotation comportant cinq jours de travail pour dix jours de chômage.

Ces quelques exemples font ressortir combien le système des rotations prend des formes variées suivant les besoins agricoles et l'outillage de chaque région.

Les rotations sont aussi parfois appliquées utilement dans la région des bassins d'inondation à des cas spéciaux. Nous avons vu que certains terrains situés en bordure du Nil sont isolés des bassins pour être consacrés à la culture sefi[1]. Ces terrains sont arrosés pendant l'étiage au moyen de pompes à vapeur établies sur la rive du Nil, mais au moment de la crue, ils reçoivent l'eau au niveau du sol par des embranchements des canaux d'alimentation des bassins. Il y a évidemment un intérêt économique à arrêter le fonctionnement des pompes le plus tôt possible, c'est-à-dire aussitôt que ces

[1] Voir pages 97 et suivantes.

embranchements peuvent donner l'eau par simple gravitation. Mais, d'autre part, tant que les bassins ne sont pas remplis, leur niveau maintient celui de ces embranchements trop bas au-dessous de la surface des terres sefi à arroser. Pour y remédier, lorsque les prévisions de la crue autorisent à le faire sans mettre en péril le remplissage des bassins (fig. 22), on ferme ou on règle par périodes l'ouvrage A par lequel le canal pénètre dans le bassin d'inondation, de façon à relever le niveau de l'eau dans le bief amont AB et à la faire refluer dans le canal d'irrigation AC.

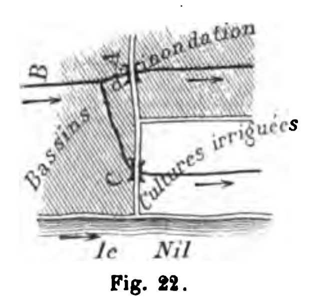


Fig. 22.

Ainsi, en 1898, pour irriguer les terres plantées en canne à sucre, à Belianah, près de Guirgueh, terres qui sont arrosées par la pompe à vapeur de la *Sugar Land C°*, on maintint un niveau surélevé par ce procédé dans les canaux desservant ces cultures aux époques suivantes :

14 août au	16 août	2 jours.
27 —	31 —	4 —
10 septembre au	14 septembre . . .	4 —
14 —	29 — . . .	5 —
31 —	25 octobre	4 —

Mais il faut faire la plus grande attention à ne pas compromettre par des mesures de cette nature la culture des bassins, qui n'a pas d'autres ressources que l'inondation, pour des cultures sefi qui sont toujours en mesure de recourir, le cas échéant, au travail des pompes à vapeur.

Nous nous sommes étendus assez longuement sur cette question des rotations parce qu'elles ont constitué un très notable progrès dans les irrigations égyptiennes, à divers points de vue qui ont déjà été énumérés, et surtout en facilitant, pendant la période de l'année où l'eau est rare et où son emploi doit être strictement limité aux nécessités des cultures, une meilleure utilisation des débits disponibles.

Tandis que, sans rotations, il faut s'attendre à une dépense d'eau de 0,826 l. par seconde et par hectare cultivé, l'application de ce système de distribution permet de réduire ce chiffre, même à 0,500 l. lorsqu'il le faut. En 1899, sur le canal Ibrahimieh, avant le commencement des rotations, la dépense d'eau était de 0,875 l. ; elle est tombée aussitôt après à 0,687 l. sans qu'il en resultât aucun dommage pour les cultures.

Des résultats de même nature sont constatés pour les rotations faites pendant la crue. Ainsi, le canal Tewfikieh qui arrose les provinces de l'est du Delta avait été projeté pour une cote d'eau maxima de 15,50 m. pendant la crue, à sa prise sur le Nil. En 1892, on trouva que cette cote donnait un débit insuffisant, on l'éleva à 15,70 m. et en 1893 à 16,00 m. Or, en 1897,

malgré le développement progressif de l'étendue des cultures dépendant de ce canal, les niveaux qui donnèrent un débit suffisant furent, grâce aux rotations, 15,50 m. du 30 août au 10 septembre et 15,00 m. après cette date [1].

ARROSAGES

Une fois l'eau ainsi distribuée par les canaux publics et leurs embranchements et répartie sur les diverses portions du territoire par le jeu des ouvrages régulateurs, elle arrive à la prise d'eau des canaux particuliers où elle pénètre, suivant les localités et les saisons, soit par écoulement direct, soit en passant par des machines élévatoires. Elle est ainsi amenée jusqu'à la rigole d'arrosage au moyen de laquelle le cultivateur la conduit à son champ, qu'il a eu soin de préparer de façon à pouvoir y répandre les eaux sur toute sa surface.

En général, le sol est tellement plat qu'il n'est pas besoin de grands travaux pour le niveler et le rendre propre à l'irrigation. Pour procéder à cette opération préliminaire, lorsqu'elle est nécessaire, on emploie un instrument formé d'une sorte de caisse de brouette sans roues et sans pieds munie à l'arrière de deux manches; un bœuf ou un buffle est attelé à l'avant, l'homme tenant les deux manches par derrière et appuyant sur la caisse de manière à râcler les terres avec le rebord antérieur qui est très évasé et recouvert d'une bande de fer; la caisse se remplit avec le produit des bosses qui sont écrêtées et, par un simple mouvement de bascule imprimé aux manches, l'homme la vide dans les parties creuses. Cet outil primitif est d'ailleurs connu dans tous les pays d'irrigation.

Quand le terrain est ainsi aplani, l'irrigation s'y pratique de diverses façons.

En général, le sol est divisé par de petites digues, en carrés de 30 à 40 mètres de surface, que l'on submerge successivement sur quelques centimètres de hauteur. Ce procédé est employé pour les arrosages qui sont donnés avant que la récolte soit levée ou semée.

Plus tard, lorsque les plants sont sortis de terre, l'arrosage se fait, suivant la nature de la récolte, soit dans les sillons servant de rigoles, soit dans des carrés submergés comme il vient d'être dit.

Pour les rizières, l'eau circule d'une manière continue dans une série de bassins successifs séparés par de petites digues en terre.

D'ailleurs les procédés usités en Égypte pour l'emploi des eaux d'arrosage ne présentent aucune particularité méritant d'être signalée et ne diffèrent pas de ceux qui sont pratiqués dans tous les autres pays plats.

[1] Le Nil, cette année-là, ne fut pas assez haut pour produire une cote de 15,50 m. dans le canal Tewfikieh avant le 30 août.

CHAPITRE VII

DESCRIPTION GÉNÉRALE DES CANAUX D'IRRIGATION

Historique de l'irrigation du Delta. — Provinces de l'est. — Provinces du centre. — Provinces de l'ouest. — Distribution des eaux au barrage du Delta et dans les deux branches du Nil. — Grandes voies de navigation du Delta. — Statistique des canaux d'irrigation et des machines élévatoires du Delta. — Entretien des digues et des canaux. Importance des cultures du Delta. — Région irriguée par le canal Ibrahimieh. — Province du Fayoum. — Statistique des machines élévatoires de la Haute Égypte et du Fayoum.

HISTORIQUE DE L'IRRIGATION DU DELTA

Le Delta a la forme d'un grand éventail à moitié ouvert, partagé en trois parties inégales par les deux branches de Rosette et de Damiette, qui se séparent l'une de l'autre à 25 kilomètres en aval du Caire. Le sol, qui est à la cote 18,00 m. aux environs du Caire, s'abaisse en pente douce et régulière vers la mer.

En suivant le mouvement général des courbes de niveau, on y reconnaît l'allure d'un cône de déjection très aplati présentant dans son profil transversal, c'est-à-dire de l'est à l'ouest, des zones alternativement basses et relevées ; celles-ci sont placées le long des deux branches du Nil et des grands canaux qui occupent l'emplacement d'anciens bras naturels, et celles-là dans les parties intermédiaires. En outre, la branche de Damiette coule à un niveau un peu plus haut que la branche de Rosette[1].

Si, du Caire comme centre, on trace un arc de cercle de 170 kilomètres de rayon, on obtient assez exactement le contour du rivage de la mer. La limite des terres cultivables s'arrête en moyenne à 30 kilomètres de la mer, plus ou moins suivant les endroits. La zone inculte comprend, en allant de l'intérieur à l'extérieur, une bande de terrains marécageux et salpêtrés, une ceinture de lacs saumâtres et une chaîne de dunes littorales.

Le Delta était encore, au commencement du siècle dernier, aménagé suivant les procédés que nous avons exposés pour les cultures par l'inondation. Des canaux d'amenée alimentaient des séries de bassins séparés les

[1] Voir pages 43 et suivantes la description du Delta.

uns des autres par des digues et, au delà du dernier bassin de la série, se prolongeaient par des canaux de vidange aboutissant dans les lacs littoraux qui se déversaient eux-mêmes dans la mer. Comme dans la région des bassins, on y pratiquait des cultures d'hiver dites chetoui (blé, orge, fourrage, etc.), et des cultures nili pendant la crue (maïs, dourah), ces dernières sur les terres hautes bordant les branches du Nil et les grands canaux. On y faisait aussi un peu de coton ; c'était possible même pendant l'étiage, du moins dans les années ordinaires, car le niveau des basses eaux dans le Delta est naturellement plus rapproché du sol que dans la Haute Égypte et les oscillations de la crue y ont moins d'amplitude, de sorte que, sans trop de peine, au moyen de sakiehs ou de chadoufs, on élevait, des deux branches du Nil ou d'autres bras secondaires du fleuve, l'eau nécessaire à cette récolte ; on pouvait aussi, dans d'autres endroits protégés contre l'inondation par des digues, l'extraire de la nappe souterraine au moyen de puits. Mais l'étendue de ces cultures d'été était très restreinte. D'après Girard, de l'expédition française, elle ne couvrait guère, dans les bonnes terres bien situées, que 12 p. 100 de la superficie totale ; la culture nili du maïs n'occupait elle-même à peu près que la même surface. Cette proportion ne pouvait guère être augmentée sans que le système d'irrigation de la région ne fût complètement modifié.

Mehemet-Ali commença à entreprendre cette œuvre vers 1825. Le principe de la transformation fut simple. On renforça et compléta les digues longitudinales des deux branches du Nil pour protéger les terres contre l'inondation qu'on recherchait auparavant. On creusa jusqu'à 1 mètre ou 1,50 au-dessous du niveau des basses eaux les principaux canaux d'alimentation des bassins, de façon à assurer leur débit toute l'année, et on les munit d'ouvrages régulateurs adaptés à leur nouveau rôle de canaux d'arrosage permanent. Mais, en pratique, bien des difficultés surgirent.

Avec la manie commune à presque tous les Orientaux de vouloir toujours faire grand, les principales artères avaient été établies avec des dimensions exagérées, hors de proportion avec les débits à prévoir pendant la crue. On était donc obligé, à cette époque de l'année, pour relever les eaux au niveau des terres et permettre l'arrosage intensif et les submersions nécessaires à la préparation des cultures d'hiver, de fermer en partie les ouvrages régulateurs ; on réduisait ainsi la vitesse d'écoulement et de grandes quantités de limon se déposaient dans le lit des canaux. Souvent aussi, sous la direction des ingénieurs indigènes commandés par des pachas ignorants et brutaux, le débit était mal réglé, des lâchures intempestives rongeaient les berges, bouleversaient le régime des eaux et engendraient un désordre favorable aux envasements. D'autre part, lorsque la période d'étiage était venue, la corvée, troupe de paysans ramassés par la force et

travaillant à coups de courbache, était impuissante à exécuter convenablement le curage de ces grands canaux dont le fond était rempli de boue liquide et qu'on n'avait pas le temps d'assécher complètement, parce qu'on ne pouvait interrompre longtemps les arrosages. Souvent on devait se contenter de relever sur les berges, un peu au-dessus du niveau des basses eaux, une certaine quantité de vase, juste assez pour livrer un mince passage à l'eau et la crue se chargeait bien vite de ramener au fond ces déblais qu'il fallait extraire l'année suivante avec les mêmes difficultés et les mêmes



Fig. 23. — Extrait d'une carte de Linant de Bellefonds. (Canaux sefi du Delta en 1855).

peines, véritable travail de Sisyphe. Enfin, dans les biefs supérieurs des canaux, le niveau d'étiage était trop bas au-dessous du sol environnant, surtout dans les provinces du sud du Delta où la différence de hauteur atteignait 6 à 7 mètres; il en résultait des frais d'élévation d'eau considérables et trop dispendieux.

Linant de Bellefonds, alors conseiller de Mehemet Ali pour les travaux publics, a publié une carte, sans date, mais se rapportant probablement à l'année 1855 qui montre quel était à cette époque le tracé des principaux canaux séfi de la Basse Égypte. Nous en indiquons les principales lignes sur la figure 23. Par une note imprimée sur cette carte et reproduite ci-dessous, il indique sommairement quel était alors le régime de la Basse Égypte.

« On arrose les terres de la Basse Égypte de deux manières, pendant l'inondation et à l'époque de l'étiage. Quand la crue commence, on laisse entrer les eaux dans les canaux; et, comme elles ne sont pas encore au niveau des terres, on les élève au moyen de différentes machines pour arroser les terrains déjà semés en riz, coton, etc. Ceci se pratique à la fin de

juillet et dans le mois d'août. On inonde, dans le cours du mois d'août, au moyen de simples saignées dans les berges des canaux, les terrains convenablement placés; on inonde les autres avec des machines. On sème du dourah dans ces terres ainsi arrosées. En quarante jours, cette récolte se fait. Le Nil alors étant à son maximum de crue, les canaux sont tous remplis ; les barrages construits sur leur cours servent à élever les eaux pour les répandre sur les terres qui ne sont plus ensemencées et que l'on submerge entièrement. On n'arrose plus alors, on inonde de grandes étendues formées en bassins par des digues. Quand les eaux du fleuve diminuent, elles se retirent de dessus les terres par différents canaux dans les lieux les plus bas. Alors on sème les blés, orges, lin, fèves, etc. Dans la Basse Égypte, les terres étant plus basses (que dans la Haute Égypte), on peut arroser ces cultures jusqu'à trois fois au moyen de saignées faites aux berges des canaux.

« Après les inondations et quand l'étiage commence, en mars et avril, c'est le moment des récoltes. On cure alors les canaux qui doivent fournir de l'eau et qui sont comblés en partie pendant l'inondation ; ceux-ci sont creusés à 8 mètres, tandis que pour servir à l'inondation 4 mètres suffisent. On fait à la prise d'eau des canaux alimentaires quelques travaux annuels, comme des épis de pieux jointifs, etc., pour donner une plus grande quantité d'eau. Au moyen des machines qui élèvent les eaux, on commence à ensemencer les terres en coton, en riz, mais c'est avec beaucoup de peine et de grandes dépenses. Ce n'est que dans les terrains les plus éloignés des prises d'eau des canaux, à des distances de 16 à 18 lieues, que les eaux retenues dans le lit des canaux par le moyen des barrages peuvent se répandre naturellement sur ces terres, à cause du peu de pente des canaux.

« Tous les ans on emploie, terme moyen, 150000 hommes pendant quatre mois pour le curage des canaux, réparations des digues et travaux nouveaux. »

Tels furent les débuts de la transformation des irrigations dans la Basse Égypte. C'était encore un système mixte ; l'inondation par bassins et l'irrigation s'y pratiquaient en même temps. Ce n'est que progressivement que les digues des bassins furent supprimées et le système des canaux profonds développé ; alors toute inondation générale disparut du Delta et on put y introduire un assolement normal et régulier par suite duquel toute terre est consacrée successivement aux diverses cultures d'été et d'hiver quelle que soit sa situation par rapport au Nil.

Il n'était pas prudent, d'ailleurs, de songer à aménager toutes les terres de la Basse Égypte pour l'irrigation sans donner plus de sécurité à l'alimentation des canaux pendant l'été. Pour cela, il fallait diminuer leur

profondeur afin de faciliter leur curage annuel, et on ne pouvait y arriver qu'en relevant le niveau de l'étiage du Nil.

Dans ce but, on résolut de mettre à exécution l'idée préconisée par le général Bonaparte, d'établir un barrage sur les deux branches du Nil, à la pointe du Delta et de distribuer l'eau dans toute la Basse Égypte au moyen de canaux ayant tous leur prise en amont de cet ouvrage. Le barrage projeté devait créer une retenue de 4,50 m.

La construction de ce barrage fut commencée en 1843 et on entreprit en même temps le creusement des trois grands canaux d'alimentation du Delta (fig. 24), l'un pour les provinces de l'est, l'autre pour les provinces comprises entre les deux branches du Nil, et le troisième pour les provinces de l'ouest. Le premier seul fut achevé; le second, celui du centre, ne fut relié que partiellement au réseau des canaux qu'il devait fournir d'eau et le troisième fut à peine commencé. D'autre part, pour diverses raisons qui seront indiquées dans un autre chapitre, le barrage lui-même resta incomplet et fut longtemps inutilisé.

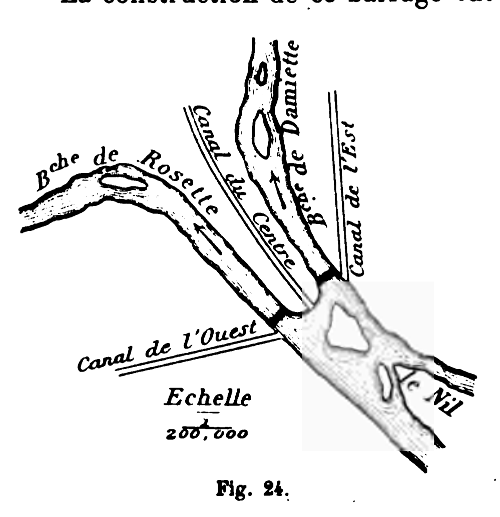


Fig. 24.

On se contentait, dans les dernières années antérieures à 1882, de créer une faible retenue de 1,50 m. à 2 mètres pendant l'étiage sur la branche de Rosette, le barrage de la branche de Damiette restant complètement ouvert. On obtenait ainsi un meilleur débit dans les deux canaux de l'ouest et du centre et on faisait refluer une plus grande quantité d'eau dans la branche de Damiette qui continuait à alimenter, par des canaux échelonnés le long de son cours, une grande partie des provinces du centre et toutes les provinces de l'est.

En 1880, le gouvernement égyptien avait complètement perdu l'espoir de se servir du Barrage autrement que comme d'un répartiteur entre les deux branches du Nil. On considérait que, pour le mettre en état de rendre les services pour lesquels il était prévu, il faudrait y dépenser des sommes hors de proportion avec les ressources budgétaires de l'Égypte surchargée de dettes. En outre, les moyens de drainage n'existant encore qu'à l'état embryonnaire, on craignait que les infiltrations résultant d'un relèvement continu des eaux du Nil ne produisissent des effets désastreux sur les récoltes. Enfin, sous l'influence des idées plus douces introduites par les européens dont le nombre grandissait chaque année dans le pays, on éprouvait de plus

en plus de difficultés à obtenir de la corvée le curage des grands canaux sefi. On eut alors l'idée d'arriver à supprimer la plupart des canaux profonds en élevant l'eau du Nil, sur divers points, au moyen de grandes usines à vapeur. Des installations mécaniques furent établies à cet effet dans les provinces de l'ouest, les plus mal desservies au point de vue de l'alimentation d'étiage; et on se proposait d'étendre ce système à tout le Delta et à la province de Ghizeh. C'était un expédient coûteux; il avait toutefois l'avantage de faire débourser par des sociétés concessionnaires les frais de premier établissement.

Mais, en 1882, les ingénieurs anglais prirent possession du Ministère des Travaux Publics; ils obtinrent bientôt des arrangements financiers qui permirent d'envisager et de poursuivre l'exécution de grands travaux d'ensemble destinés à mettre en état le Barrage, à construire le canal de l'est et à transformer le réseau des canaux de la Basse Égypte de façon à ce que l'artère générale de l'alimentation de chacune des trois parties du Delta eût sa prise en amont du Barrage, suivant le plan primitif.

Ce travail fut poursuivi méthodiquement; actuellement toute l'irrigation de la Basse Égypte est commandée par le Barrage rendu capable de relever l'eau du Nil jusqu'à la cote 15,50 m. au-dessus du niveau de la mer, soit à 1,50 m. au-dessous des terres cultivables; tout le Delta reçoit maintenant son eau par des canaux qui ont leur prise en amont du Barrage.

Avec ce système, les terres situées au nord du Delta se trouvent desservies au moyen de grandes artères dont la prise sur le Nil est à plus de 150 kilomètres de là. On a reconnu qu'il est très difficile d'assurer une bonne distribution d'eau sur d'aussi longs parcours avec le régime très libéral qui règne en Égypte pour l'emploi de l'eau d'irrigation. Aussi on vient d'achever sur la branche de Damiette, à Zifta (88 km. en aval du barrage du Delta), un nouveau barrage destiné à faciliter l'arrivée de l'eau d'arrosage dans les parties septentrionales des provinces du centre et de l'est. On s'est même proposé d'en construire un autre, dans un but analogue, sur la branche de Rosette, mais ce dernier projet n'est encore qu'à l'étude.

On peut se rendre compte par quelques chiffres du chemin ainsi parcouru depuis quarante ans.

Vers 1860, Linant de Bellefonds calculait que le débit de tous les canaux, avec un étiage moyen, était de 63 mètres cubes par seconde, permettant de cultiver 75 000 hectares en cultures d'été, moitié riz et moitié coton, soit un vingtième de la surface de la Basse Égypte.

Vers 1880, au moment où l'on ne se servait du Barrage que comme répartiteur entre les deux branches du Nil avec 1,75 m. de retenue sur la branche de Rosette et une cote d'altitude amont de 12 mètres, Rousseau pacha, alors sous-secrétaire d'État au Ministère des Travaux Publics, esti-

mait le débit des canaux de la Basse Égypte à 175 mètres cubes par seconde.

En 1885, époque où l'on commença à utiliser le Barrage avec une retenue de 3 mètres de hauteur et une cote d'altitude amont de 13 mètres, le débit des canaux est porté à près de 300 mètres cubes.

A partir de 1891, après que les travaux de consolidation de cet ouvrage furent achevés et purent donner une retenue de 4,50 m., avec une cote d'altitude amont de 13,75 m., on obtint 350 mètres cubes en année ordinaire.

Enfin, après que les nouveaux travaux eurent surélevé encore la retenue du Barrage et eurent porté la cote amont à l'altitude de 14 mètres, on obtint, en 1900, avec le plus bas étiage connu, très inférieur aux étiages ordinaires, un débit minimum de 220 mètres cubes par seconde (on ne pouvait donner davantage, le débit du Nil étant entièrement absorbé par les canaux) ; et, par le perfectionnement du régime des canaux et du système de distribution des eaux, on put, avec ce débit restreint, arroser plus de 450 000 hectares de cultures d'été, sans compter celles qui étaient arrosées au moyen de pompes établies sur le Nil et qui étaient de 60 000 hectares environ. Dans une année moyenne, le débit des canaux peut actuellement être maintenu bien au delà du chiffre de 350 mètres cubes par seconde. Une plus grande sécurité est encore obtenue avec la retenue de 15,50 m. qu'on fait aujourd'hui au Barrage à la suite des travaux terminés en 1902.

PROVINCES DE L'EST

Les trois provinces de Galioubieh, Charkieh et Dakahlieh, situées à l'est de la branche de Damiette, ont ensemble une surface cultivable de 526 200 hectares.

D'après la carte de Linant de Bellefonds (fig. 23), cette région, il y a cinquante ans, prenait son eau d'irrigation dans le Nil par cinq grands canaux sefi échelonnés comme il suit :

1° Sur le Nil proprement dit, à 13 kilomètres au sud de la pointe du Delta : le Cherkaouieh ;

2° Sur la branche de Rosette,

à 53	kilomètres	au nord de	la pointe	du Delta :	le Bahr Moez.
à 88	—	—	—	—	: le Bouhieh.
à 89	—	—	—	—	: le Mansourieh.
à 140	—	—	—	—	: le Bahr Saghir.
à 143	—	—	—	—	: le Cherkaouieh de Damiette.

Plus tard furent construits le canal Ismaïlieh dont la prise est au Caire ; le canal Bessoussieh un peu au nord du Cherkaouieh ; puis plus au nord, non loin du Mansourieh, le canal Om Salamah, qui alimentait le Bouhieh. Le canal Mansourieh lui-même fut joint au Bahr Saghir, de sorte qu'il y

M E
É E
Aboukir
Alexandrie
le Mex
LAC MARIOUT
Ancien Lac d'Abouki
Drain
Saft
LAC MENZALEH
Port Saïd
Suez
de
maritime
Canal
Drain el Baghar
Ismaïliah
Lac Timsah
Ouady Toumilat
LACS AMERS
Suez
GOLFE DE SUEZ

CARTE HYDROGRA
de la
BASSE ÉGYP

Echelle $\frac{1}{1\,000}$

10k 0 10 20

ncipaux
ondaires
cipaux
ndaires

Ch. Béranger, Editeur à Paris.
Imp Monrocq, Paris. — Ed. Oberlin, Gr

avait pour les grands canaux sefi, sept prises au Nil. Telle était la situation avant que le barrage du Delta pût enfin être mis en service en 1889.

Actuellement, le nombre des canaux ayant leur prise au Nil et desservant l'irrigation de ces provinces est réduit à quatre ; ils ont tous leur prise en amont du barrage du Delta; ce sont les canaux Ismaïlieh, Cherkaouieh Bessoussieh et Tewfikieh (pl. VI).

Canal Ismaïlieh. — La tête de ce canal est à Choubrah, à 7 kilomètres en aval du Caire. Dirigé d'abord vers le nord-est, il suit la limite du désert jusqu'à la rencontre de la petite vallée de l'Ouady qu'il traverse et qu'il longe ensuite du côté du nord en se dirigeant droit vers l'est jusqu'à la ville d'Ismaïliah, où il débouche dans le lac Timsah. Une branche qui a sa naissance un peu avant Ismaïliah s'allonge vers le sud à travers le désert en suivant une ligne parallèle au canal maritime, et aboutit dans le chenal du port de Suez. Un petit canal se détache du canal Ismaïlieh en amont de l'embranchement de Suez et se dirige vers le nord pour porter de l'eau douce à la ville de Port-Saïd.

Le tracé du canal Ismaïlieh se rapproche en plusieurs points de la direction suivie par les anciens canaux qui, d'après les historiens, mettaient en communication le Nil avec le lac Timsah ou même avec la mer Rouge, et dont on a retrouvé des vestiges sur le sol.

La longueur du canal entre Nil et le lac Timsah est de 136 kilomètres et la longueur de la branche de Suez est de 89 kilomètres.

Ce canal fut construit en vertu de conventions passées entre le gouvernement égyptien et la compagnie du canal de Suez dans le but de créer une voie de navigation fluviale entre le Nil et le canal maritime, de fournir l'eau à quelques terrains alors concédés à la compagnie, et enfin de donner, pour les besoins du canal maritime et des villes et stations établies sur ses berges, un débit journalier de 70 000 mètres cubes. D'après ces mêmes conventions, le plafond du canal Ismaïlieh devait être établi de façon à ce que la profondeur y fût toujours de 2,50 m. en hautes eaux, de 2 mètres en eaux moyennes et de 1 mètre en basses eaux.

La largeur du plafond à la prise est de 13 mètres, les talus ont 3 mètres de base pour 1 de hauteur et dans les parties sableuses 6 mètres de base pour 1 mètre de hauteur. La branche de Suez a 8 mètres de largeur au plafond.

La pente est de 42 millimètres par kilomètre sur les 98 premiers kilomètres; en ce point, une chute de 0,60 m. est rachetée par l'écluse de Gassassine ; la pente du canal devient ensuite 20,5 mm. par kilomètre jusqu'à Ismaïlieh où le plafond du canal est à 4,30 m. au-dessus du lac Timsah. Cette différence de niveau est rachetée par deux écluses. Sur la branche de Suez, la pente moyenne est de 26 millimètres par kilomètre.

Le niveau du seuil de la prise est 10,30 m. au-dessus du niveau de la mer, soit 8 mètres environ au-dessous du sol de la vallée.

A la traversée de l'Ouady, le canal est en remblai et le plan d'eau est à 2,50 m. au-dessus du sol environnant, il en résulte de nombreuses infiltrations qui s'étendent assez loin sur les deux rives et qui, faute d'avoir ménagé des moyens d'égouttement, ont ruiné de grandes surfaces auparavant cultivables. Des travaux importants ont été entrepris dans ces dernières années pour assainir ces terres et les rendre productives.

Cinq ponts-barrages avec écluses sont échelonnés sur le canal Ismailieh : à la prise et aux kilomètres 12,5, 49,2, 93,6, 127,4, 128,6. Ils comprennent une écluse de 8,50 m. de largeur et de 59,50 m. de longueur avec 38,50 m. de longueur utile; l'ouvrage régulateur accolé à l'écluse se compose de deux pertuis de 2,75 m. de largeur; des aqueducs latéraux ménagés dans les bajoyers de l'écluse et ayant 1,90 m. de hauteur sur 0,70 m. de largeur peuvent mettre en communication les deux biefs d'amont et d'aval. L'écluse de Choubrah, à la prise, était primitivement construite à 500 mètres environ de l'embouchure du canal; il en résultait de grands envasements entre l'ouvrage et le Nil ; elle était d'ailleurs en mauvais état ; on la reconstruit actuellement plus près du fleuve. Les deux écluses terminales d'Ismaïliah n'ont pas de pertuis accolés.

Les écluses de la branche de Suez sont au nombre de cinq, y compris l'écluse de prise ; elles sont aux kilomètres 0, 16, 42, 68 et 89; elles n'ont pas de pertuis accolés, mais elles sont munies d'aqueducs latéraux permettant d'établir un courant dans le canal.

Un déversoir de cinq ouvertures de 3 mètres, auprès d'Ismaïliah, rejette le trop plein des eaux dans le lac Timsah, au kilomètre 129.

Un certain nombre de prises d'eau relient le canal au réseau des canaux d'irrigation de la région. La plus importante est un ouvrage de trois arches de 3 mètres au kilomètre 75, avec écluse, établi entre le canal Ismaïlieh et le canal Ouady, et rachetant une différence de niveau de 1,10 m. Une autre communication existe entre le canal Chibini, branche du Cherkaouieh, et le canal Ismaïlieh dans le second bief de ce dernier, en amont de Belbeïs.

Le débit du canal Ismaïlieh est de 30 mètres cubes par seconde en été, avec 3,20 m. de hauteur au-dessus du seuil de prise, soit lorsque la cote de retenue du barrage du Delta est à l'altitude de 13,30 m. Pendant les hautes eaux, la prise est à peu près fermée pour éviter les envasements et la plus grande partie de l'alimentation se fait par le canal Chibini, qui lui donne des eaux clarifiées à 50 kilomètres de sa prise. On remanie actuellement les ouvertures des régulateurs pour les agrandir et augmenter le débit.

Canal Cherkaouieh. — Ce canal a sa prise à 12 kilomètres environ en

amont du Barrage; il suit sur 30 kilomètres de longueur un tracé qui se rapproche beaucoup du canal Ismaïlieh ; il se partage ensuite en deux branches principales, le Chibini dirigé vers le nord-est et le Khalili vers le nord. La pente de ce canal est de 0,05 m. par kilomètre ; la largeur au plafond est de 10 mètres à la prise et 7 mètres à l'extrémité ; les talus ont 2 mètres de base pour 1 mètre de hauteur.

L'ouvrage de prise au Nil a quatre arches : l'arche centrale ayant 6,75 m. d'ouverture et les trois autres 2,40 m. ; le niveau du seuil est à l'altitude 11 mètres. A 17 kilomètres est un autre ouvrage de trois arches formant un débouché total de 7,90 m.

Le système du Cherkaouieh est en communication par ses embranchements avec ceux du canal Ismaïlieh et du canal Bessoussieh. Le trop plein des eaux s'écoule par le Bahr el Baghar dans la partie orientale du lac Menzaleh.

Ce canal débite en hiver 14 mètres cubes avec 2.50 mètres de hauteur d'eau et près de 90 mètres cubes pendant la crue, avec une cote l'altitude de 15 mètres à la retenue du Barrage.

Canal Bessoussieh. — Ce canal a sa prise à 2 kilomètres en aval de celle du Cherkaouieh, il suit sur 24 kilomètres une ligne parallèle au Nil et au canal ou rayah Tewfikieh. Puis, il se partage en deux branches, le Filfileh et le Kartamieh qui, réunis après une trentaine de kilomètres de parcours, sont prolongés par le canal Abou el Akdar et le Bahr Facous, sur 50 kilomètres environ, et déversent leurs eaux par le prolongement du Bahr Facous, formant drain, dans la partie centrale du lac Menzaleh. Les canaux Kartamieh, Abou el Akdar et Bahr Facous, ne sont autre chose que l'ancienne branche Pélusiaque.

La largeur du Bessoussieh à sa prise est de 8 mètres, l'ouvrage de tête a trois arches formant un débouché total de 7,45 m. Le seuil est à la cote 11,60 m. Le débit est de 6 mètres cubes par seconde avec une hauteur d'eau de 1,70 m. en étiage. En crue, avec une cote de 15 mètres au Barrage, il débite 80 mètres cubes.

Canal ou rayah Tewfikieh ou Charkieh. — L'ensemble des trois canaux Ismaïlieh, Cherkaouieh et Bessoussieh arrose le tiers des provinces de l'est du Delta, soit 175 000 hectares ; un dixième environ, soit 50 000 hectares, est arrosé au moyen de pompes prenant l'eau directement dans le fleuve ; tout le reste, soit près de 300 000 hectares, reçoit son eau d'irrigation du canal Tewfikieh.

Ce canal, qui a sa prise au barrage même du Delta, a été construit de 1887 à 1890 ; il suit un tracé très rapproché de la branche de Rosette. Jusqu'à 65 kilomètres de sa prise, c'est un canal entièrement neuf. Là, il

emprunte par l'ancien canal Mansourieh sur 42 kilomètres de longueur, puis le Cherkaouieh de Farascour qui retombe dans le Nil près de son embouchure après un parcours de 56 kilomètres. L'ensemble de ces trois canaux n'en forme plus en réalité qu'un seul qui a 163 kilomètres de lon-

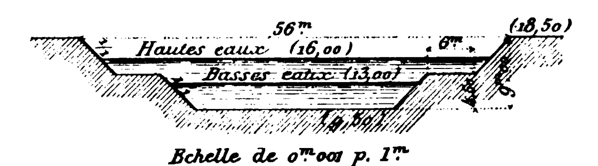


Fig. 25. — Section en travers du rayah Tewfikieh à la prise.

gueur. Ayant intercepté les communications avec le Nil des grands canaux dirigés vers l'est qui irriguaient autrefois ces provinces, c'est le rayah

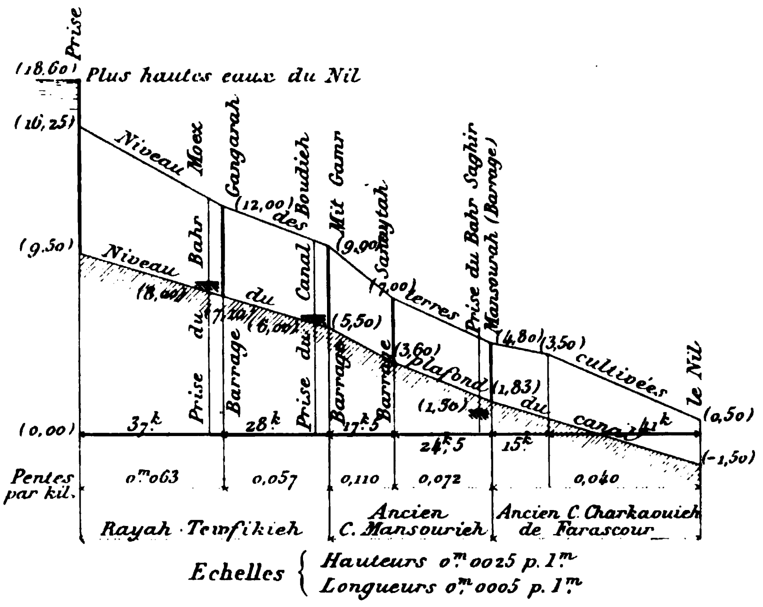


Fig. 26. — Profil en long du rayah Tewfikieh.

Tewfikieh qui fournit maintenant l'eau à ces canaux dont les principaux sont :

1° Le Bahr Moez dont la prise est à 36 kilomètres de l'origine du canal Tewfikieh et qui a 100 kilomètres de longueur ;

2° Le canal Bouhieh dont la prise est au kilomètre 64 et qui a 53 kilomètres de longueur.

3° Le Bahr Saghir dont la prise est au kilomètre 106 et qui a 71 kilomètres de longueur.

Ces trois canaux, comme tous les autres moins importants qui dérivent du canal Tewfikieh, déversent le trop plein de leurs eaux dans le lac Menzaleh.

L'ouvrage de prise du rayah Tewfikieh comprend six arches de 5 mètres d'ouverture et une écluse de 8 mètres de largeur et de 50 mètres de longueur. La cote du radier est 9,50 m., l'altitude des terres étant 16,50 m. et celle des plus hautes crues du Nil 18,60 m. Le canal était projeté pour une hauteur maxima d'eau, en crue, de 6 mètres (alt. 15,50 m.) mais il a pu être rempli jusqu'à 6,50 (alt. 16 mètres).

La largeur au plafond (fig. 25) est de 26 mètres à la prise et de 18 mètres à l'extrémité, les talus à 1 de base pour 1 de hauteur, la crête des berges étant à 9 mètres au-dessus du plafond et une risberme de 6 mètres de largeur étant ménagée à 4,50 de hauteur.

Deux régulateurs ayant sept ouvertures de 3 mètres sont établis aux kilomètres 37 et 65. La pente moyenne est de 0,06 m. par kilomètre (fig. 26).

Le canal Mansourieh a 14 mètres de largeur au plafond à son origine et 10 mètres à son extrémité. Il a conservé son ancienne prise au Nil composée de trois arches donnant un débouché total de 7,85 m. qui peut être utilisé pour augmenter le débit pendant la crue ou comme déversoir. Un régulateur de sept arches de 3 mètres avec écluse, nouvellement reconstruit à à Sanaytah, est établi au kilomètre 17,5 et une écluse fait communiquer ce canal avec le Nil à son extrémité, à Mansourah. Les deux canaux Tewfikieh et Mansourieh forment ainsi une ligne navigable de 110 kilomètres parallèle au Nil qui est lui-même impraticable en étiage quand le barrage du Delta est entièrement fermé.

La pente moyenne du canal Mansourieh est de 0,087 par kilomètre.

Quand au Cherkaouieh de Farascour qui termine cette artère de canaux, son ouvrage de tête a trois ouvertures de 3 mètres et la largeur au plafond va en décroissant de 10 mètres à 3 mètres. La pente moyenne est de 0,04 m. par kilomètre.

Le rayah Tewfikieh, avec une hauteur d'eau de 6,50 m. à la prise (altitude 16 mètres) donne un débit de 220 mètres cubes par seconde; avec 5,50 m. d'eau (altitude 15 mètres), il débite 200 mètres cubes. C'est le régime du temps de crue. En étiage, avec 3,50 m. de hauteur d'eau (altitude 13 mètres), il débite 100 mètres cubes. Pendant la crue, l'alimentation de la région peut être augmentée de 60 mètres cubes par seconde entrant par l'ancienne prise du canal Mansourieh.

Les trois grands canaux alimentés par le rayah Tewfikieh et qui ont été cités plus haut sont d'anciens chenaux tortueux, au lit assez irrégulier, dont la pente suit à peu près celle de la vallée et dont l'importance relative est donnée par la dimension des ouvrages de prise :

Le Bahr Moez est commandé par un pont régulateur de sept arches de 3 mètres, avec écluse accolée ; il a 0,06 m. de pente moyenne et est pourvu

de quatre ponts régulateurs le long de son cours; il reçoit 4,50 m. de hauteur d'eau pendant la crue.

Le canal Bouhieh a un ouvrage de tête composé de quatre arches de 3 mètres; il prend 3,60 m. de hauteur d'eau pendant la crue.

Le Bahr Saghir a un ouvrage de prise de trois arches de 3 mètres avec écluse accolée; il est navigable jusqu'au lac Menzaleh; sa profondeur d'eau pendant la crue est de 3,80 m.

PROVINCES DU CENTRE

La région du centre du Delta est partagée en deux provinces, la Menoufieh au sud et la Garbieh au nord, comprenant une surface totale cultivable de 582 300 hectares. Comme la branche de Damiette, dans sa partie supérieure, a son lit, à un niveau plus élevé que la branche de Rosette, et que le Delta a une pente transversale de l'est à l'ouest, l'irrigation d'étiage de ces provinces était autrefois desservie par une série de canaux ayant tous leur prise sur la branche de Damiette entre le cinquantième et le soixantième kilomètre à partir de la pointe du Delta. Ces canaux se ramifiant en éventail vers le nord aboutissaient finalement dans les terres marécageuses, dites Barraris, qui bordent le lac Bourlos et dans le lac Bourlos lui-même. Ils étaient au nombre de cinq : le Sersaouieh, le Bagourieh, le Bahr Chibin (ancienne branche Sebennytique), le canal El Atf et le canal Hadraouieh, ce dernier étant le plus rapproché de la branche de Damiette (fig. 23).

Au moment de la construction du barrage du Nil, on creusa un grand canal, dit rayah Menoufieh, dont la prise était à la pointe même du Delta, en amont de cet ouvrage. Les canaux Sersaouieh et Bagourieh reçurent alors leur eau par ce canal, mais quatre grands canaux séfi : le Bahr Chibin, le canal El Atf, le canal Hadraouieh et le canal Sahel continuèrent à être alimentés directement par la branche de Damiette jusqu'en 1889, époque à laquelle les réparations effectuées au Barrage le mirent en état de donner son plein effet.

Actuellement, toute l'alimentation de ces provinces se fait par le rayah Menoufieh qui, à 23 kilomètres de son origine, se divise en deux grandes artères, l'une le Bahr Chibin du côté de l'est, l'autre le canal Bagourieh du côté de l'ouest; ces deux dérivations principales s'étendent jusqu'au nord du Delta et aboutissent, le premier dans la mer, et le second dans le lac Bourlos.

Rayah Menoufieh. — Le rayah Menoufieh est un grand canal de 55 mètres de largeur au plafond dont la prise se compose de sept arches de 4,17 m. d'ouverture avec écluse accolée, et a son seuil à la cote 9,50 m. au-dessus du niveau de la mer. La pente moyenne de la surface en hautes eaux est réglée ordinairement à 0,065 m. par kilomètre et à 0,075 m. en basses eaux. A

10 kilomètres de sa prise, il est muni d'un régulateur composé de dix arches de 4 mètres avec écluse. Son tracé est très rapproché de la branche de Damiette et, sur la rive gauche, il a deux embranchements : le canal Nanaieh de 39 kilomètres de longueur et de 6 mètres de largeur, et le canal Sersaouieh de 85 kilomètres de longueur et de 8 mètres de largeur, qui irriguent sur leur parcours les terres hautes voisines de la branche de Rosette.

Bahr Chibin. — Le Bahr Chibin se sépare du rayah Menoufieh au kilomètre 23 ; il a une longueur totale, jusqu'à la mer, de 173 kilomètres et sert de canal d'irrigation jusqu'au kilomètre 163, formant ainsi avec le rayah Menoufieh une ligne continue de 186 kilomètres du Nil à son extrémité. Il comporte le long de son cours sept ouvrages régulateurs, y compris l'ouvrage de prise, tous munis d'écluses de navigation. L'ouvrage de tête, à Karinein, a dix arches de 5 mètres d'ouverture et celui d'extrémité à Bounah a trois arches de 3 mètres. La pente de la surface, en hautes eaux, est en moyenne de 0,065. Ce canal, dirigé presque du sud au nord, et situé dans le voisinage de la branche de Damiette, a ses principaux embranchements sur la rive gauche. Pour l'arrosage des terrains situés sur la rive droite, il donne naissance à une dérivation qui suit les terrains hauts de la berge de la branche de Damiette sur 140 kilomètres de longueur et qui se nomme canal Sahel. Ne commandant qu'une bande de terrain étroite, le Sahel n'a à son origine, malgré son long parcours, que 8 mètres de largeur au plafond ; les canaux El Atf et Hadraouieh qui s'en détachent et qui retombent à leur extrémité dans le canal principal lui-même, complètent le système de la rive droite du Bahr Chibin.

Sur la rive gauche du Bahr Chibin, on rencontre les principaux embranchements suivants :

Au kilomètre 15, le Bahr Sef de 62 kilomètres de long, et à 25 kilomètres, le canal Batanieh de 51 kilomètres de long et de 10 mètres de largeur qui, réunis tous deux vers leur extrémité, vont se perdre dans le canal Bagourieh.

Au kilomètre 25, le canal Kased de 10 mètres de largeur, qui, après un parcours de près de 80 kilomètres du sud au nord, se retourne à l'est vers le Bahr Mallah avec lequel il confond ensuite ses eaux.

Au kilomètre 41, le canal Gafarieh de 70 kilomètres de long et de 10 mètres de large qui réunit ses eaux de chaque côté à celles du canal Kased et du Bahr Mallah.

Au kilomètre 70, le Bahr Mallah, ancien cours d'eau, de 30 mètres de largeur, dont l'ouvrage de prise a un débouché de 7,75 m. et qui après un parcours de 50 kilomètres se réunit avec le Bahr Tirah.

Au kilomètre 85, le Bahr Tirah, également un vieux cours d'eau irrégulier de 30 mètres de largeur, dont l'ouvrage de prise a 17,65 m. de débouché et qui porte ses eaux jusque sur les terres de Beltim, entre le lac Bourlos et la mer après 70 kilomètres de parcours.

Canal Bagourieh. — Ce canal est la seconde des grandes artères issues du rayah Menoufieh. Tout l'espace compris entre lui et le Bahr Chibin étant, par suite du fait naturel de la pente transversale du Delta de l'est à l'ouest, desservi par les dérivations du Bahr Chibin, le canal Bagourieh n'a pas de grands embranchements du côté de l'est.

Avec son prolongement du Bahr Nachart, il a 147 kilomètres jusqu'au lac Bourlos. Son ouvrage de prise sur le rayah Menoufieh a cinq arches formant un débouché total de 16 mètres; la largeur du plafond est de 25 mètres. En hautes eaux, il a une pente moyenne de surface de 0,052 m. par kilomètre. Il y a cinq ponts régulateurs sur son cours, y compris l'ouvrage de prise; le dernier de ces ouvrages, situé au kilomètre 135 a trois arches de 3 mètres.

Ce canal se rapproche assez vite de la branche de Rosette dont il s'écarte peu ensuite; les terres comprises entre son cours et le Nil étant, dans la partie sud du Delta, arrosées par les canaux Nanaieh et Sersaouieh, issus du rayah Menoufieh, le canal Bagourieh n'a pas de dérivations importantes sur la rive gauche avant le kilomètre 68, point où se détachent de lui les canaux Goddabah (7 mètres de largeur et 67 kilomètres de longueur) et Cotoni (10 mètres de largeur et 50 kilomètres de longueur).

Le canal Goddabah suit les terres hautes qui bordent le Nil jusqu'en face de Rosette et alimente en passant le Bahr Saïdi, ancien bras du Nil de 30 kilomètres de longueur qui se jette dans le lac Bourlos; il communique avec le Nil, près de sa prise, par une double écluse qui permet à la navigation de suivre les canaux Menoufieh et Bagourieh, sur une longueur d'environ 80 kilomètres, quand la saison des basses eaux met le Nil presque à sec entre ces deux points par suite de la fermeture de barrage du Delta. Quant au canal Cotoni, il aboutit vers l'extrémité inférieure du Bahr Saïdi.

Remarques générales. — Les réseaux des embranchements dépendant du Bahr Chibin et du canal Bagourieh communiquent entre eux en divers points (voir pl. VI) pour aider à la répartition des eaux dans les parties septentrionales éloignées du point d'alimentation générale, qui est le barrage du Delta.

L'ensemble des canaux des provinces du centre déverse le trop plein de ses eaux dans le lac Bourlos par le Bahr Saïdi, le Bahr Nachart et le Bahr Tirah; dans la mer par le Bahr Chibin; dans la branche de Damiette, par l'extrémité du canal Sahel, en face de Damiette; dans la branche de

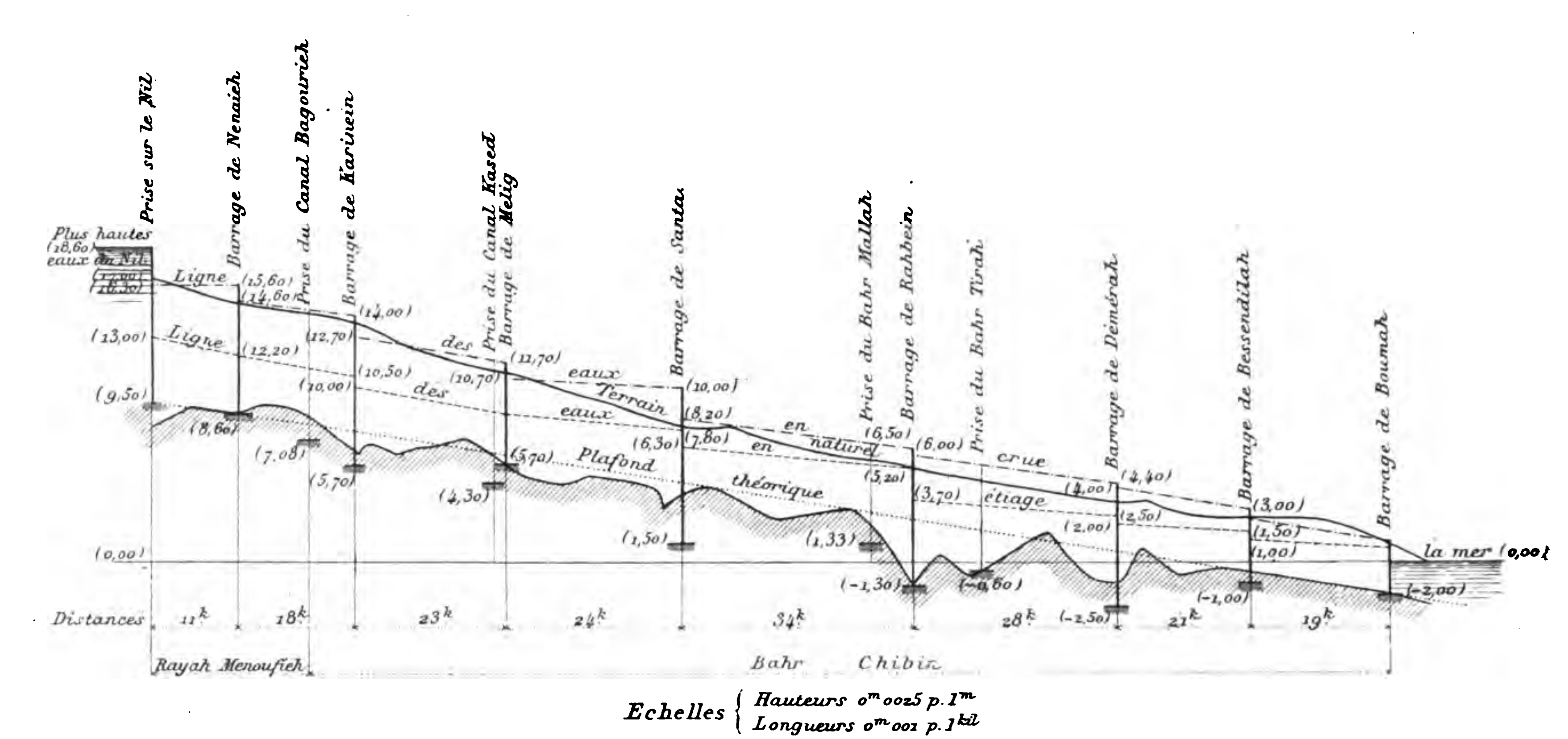


Fig. 27. — Profil en long du Rayah Menoufieh et du Bahr Chibin.

Rosette, par quelques petits déversoirs ménagés le long des embranchements qui la côtoient.

Enfin, pour augmenter l'afflux des eaux pendant la crue, on peut ouvrir, sur la branche de Damiette, les anciennes prises du Bahr Chibin et des canaux el Atf et Hadraouieh; sur la branche de Rosette, l'ancien ouvrage de tête du Bahr Saïdi. On a également à sa disposition plusieurs canaux nili, dont trois, récemment construits, partent du Nil en amont du Barrage, de chaque côté du rayah Menoufieh (voir pl. VIII, fig. 11).

Telles sont les grandes lignes et les principaux éléments du système d'irrigation des provinces du centre du Delta.

Nous reproduisons figure 27 le profil en long du rayah Menoufieh et du Bahr Chibin, d'après l'ouvrage *Egyptian Irrigation*, de M. Willcocks, qui fut pendant plusieurs années chargé de diriger l'irrigation de ces provinces. Ce profil en long est intéressant à plusieurs points de vue.

Il montre d'abord, par les altitudes des seuils des anciens ponts-barrages de Karinein, Santa, Rahbein et Demerah, que ce canal, creusé trop profondément au-dessous du sol, se trouvait surchargé d'eaux inutiles, qui, pendant la crue, noyaient les terres basses et empêchaient tout drainage, ou nécessitaient une réglementation exagérée qui produisait de forts dépôts de limon. Les nouveaux ouvrages de Nanaieh, Melig, Bessendilah et Bounah indiquent la position normale du plafond.

Ce profil fait ressortir en outre le niveau des eaux pendant l'étiage et pendant la crue. On y voit que, pendant l'étiage, c'est vers le soixante-quinzième kilomètre seulement qu'elles atteignent la surface des terres. En amont de ce point, l'irrigation d'étiage ne peut se faire qu'au moyen de machines élévatoires.

Avec la cote d'altitude 13,20 m. à la prise, le rayah Menoufieh débite 105 mètres cubes par seconde; avec la cote 13,80 m., 140 mètres cubes; avec la cote 16 mètres, 400 mètres cubes.

Les sept dixièmes environ du débit sont distribués par le Bahr Chibin, deux dixièmes par le canal Bagourieh et un dixième par les dérivations directes du canal Menoufieh.

PROVINCES DE L'OUEST

La région située à l'ouest de la branche de Rosette et qui forme la province de Béhéra est la moins importante des trois parties du Delta; elle ne contient, en effet, que 291 500 hectares de terres cultivées. Elle comprend au sud une étroite bande qui s'étend le long du Nil, en aval de la pointe du Delta, sur 70 kilomètres environ; vers le nord, elle s'évase en un triangle limité par le désert à l'ouest, par le Nil à l'est et au nord par la mer.

L'histoire de l'irrigation de cette province est intéressante à suivre.

Du temps de la culture par bassins, les terres étaient inondées au moyen d'une série de canaux parallèles partant de la branche de Rosette et s'en éloignant dans la direction de l'ouest. Plus tard, lorsque Méhémet Ali voulut développer les arrosages d'été, il creusa un grand canal sefi, appelé canal Katatbeh, ayant sa prise à 40 kilomètres environ en aval de la pointe du Delta. Ce canal, sur 80 kilomètres, était parallèle à la branche de Rosette et coupait ainsi tous les anciens canaux d'inondation auxquels il devait dorénavant fournir de l'eau pendant l'étiage et pendant les crues; il se retournait ensuite à angle droit sur 22 kilomètres jusqu'à la ville de Damanhour et reprenait une direction nord-ouest (voir fig. 23). Ce canal avait 123 kilomètres de longueur et aboutissait dans le canal Mahmoudieh. Celui-ci avait été également creusé par Méhémet Ali; il était destiné à apporter de l'eau douce à Alexandrie, à relier cette ville avec le Nil par une voie navigable et en même temps à arroser environ 2000 hectares[1]. Le canal Mahmoudieh a un parcours de 77,500 km. du Nil à la mer et suit une direction générale de l'est à l'ouest. Il reçoit vers le kilomètre 15 les eaux du canal Katatbeh. Son origine est à 56 kilomètres de l'embouchure de la branche de Rosette; le niveau moyen des crues en ce point est de 3,80 m., la cote du sol étant environ 3 mètres; mais, en étiage, l'eau s'élève à peine au-dessus du niveau de la mer.

D'après Linant, on avait choisi pour la prise un point aussi bas afin de pouvoir laisser le cours de l'eau libre dans le canal sans barrage ni écluse intermédiaires.

Naturellement cette solution amena toutes sortes d'inconvénients et il se produisit, à la prise et à la jonction avec le Katatbeh, des dépôts considérables dont l'enlèvement devint avec le temps de plus en plus difficile et coûteux.

Le tracé du Mahmoudieh est d'ailleurs extrêmement défectueux et se ressent des conditions dans lesquelles il fut établi.

Les travaux furent en effet exécutés par des hommes de corvée dont le nombre dépassa 350 000, qui vinrent sur les lieux et se mirent à l'œuvre avant tout piquetage[2]. Chaque contingent commença à creuser à l'endroit où il se trouvait en suivant une direction sommairement indiquée sur le terrain; les alignements ainsi adoptés par chaque groupe d'ouvriers formèrent une ligne brisée qu'on dut raccorder ensuite par des coudes brusques et nombreux. En outre, le point de départ à Atfeh ayant été choisi trop au nord, il fallut, pour éviter de tomber dans le lac Edkou, faire un

[1] Depuis cette époque, la surface arrosée par le canal Mahmoudieh s'est beaucoup développée; en 1887, elle était déjà de 70 000 hectares et depuis elle a encore augmenté.

[2] D'après Linant de Bellefonds bey dans ses Mémoires sur les principaux travaux publics d'Égypte.

grand coude vers le sud qui allongeait encore le parcours malgré l'insignifiance[1] de la pente disponible.

Pendant la crue, le Mahmoudieh recevait son eau à la fois par le Nil et par le canal de Katatbeh ; mais, pendant l'étiage, l'alimentation par le Nil n'existait pour ainsi dire pas, et on ne pouvait guère compter non plus sur le Katatbeh qui ne débitait pas plus qu'il n'était nécessaire à ses propres besoins. On y suppléait au moyen d'un réservoir peu profond, créé par l'endiguement de terrains bas situés près du Mahmoudieh vers le kilomètre 8. Ce réservoir couvrait environ 4 000 hectares, était rempli pendant la crue par le Mahmoudieh lui-même et se déversait dans le canal au moment des basses eaux.

A cette époque, bien que le canal fût destiné à la navigation, il n'avait pas d'écluses à sa prise sur le Nil; on y transbordait les marchandises. C'est en 1842 seulement qu'on construisit deux écluses accolées à Atfeh, l'une de 12 mètres de largeur avec son radier à la cote — 1,37 m., l'autre de 8,50 m. Le radier de l'écluse d'Alexandrie fut établi à la cote (— 1,90 m.). Ainsi disposé, le canal Mahmoudieh était le premier chaînon de la route des Indes à travers l'Égypte, route qui comprenait une voie navigable d'Alexandrie au Caire par le canal Mahmoudieh et par le Nil, et une voie de terre, par le désert, du Caire à Suez.

L'alimentation du canal ayant été reconnue insuffisante pendant l'étiage, on établit en 1849, à Atfeh, des pompes à vapeur pouvant élever environ 6 mètres cubes d'eau par seconde à 2,50 m. de hauteur, soit 500 000 mètres cubes par jour, et on supprima le réservoir du kilomètre 8. Vers 1870, cette usine fut agrandie de façon à fournir 800,000 mètres cubes par jour (9 mètres cubes par seconde). Les machines fonctionnaient à peu près cent cinquante jours par an, tant que le Nil et le Katatbeh ne pouvaient alimenter le canal par gravitation.

Mais les besoins d'eau augmentaient par suite du développement des cultures et les curages se faisaient mal. Malgré le relèvement du plan d'eau d'étiage par l'emploi des pompes, on fut obligé d'extraire du lit du canal, en 1870, deux millions de mètres cubes de limon.

A ce moment, le profil type du canal fut fixé à 20 mètres de largeur au plafond, avec talus à 2 de base pour 1 de hauteur au maximum, et banquettes de 4 mètres à 50 centimètres au-dessus des basses eaux. La profondeur d'eau à l'étiage fut réglée à 2,60 m. ; en hautes eaux, elle pouvait atteindre 4 mètres. La cote du plafond au départ était — 0,87 m. et à Alexandrie — 1,21 m..

[1] La traversée de terrains marécageux et du lac d'Aboukir présenta de grandes difficultés et nécessita la construction de murs en maçonnerie pour soutenir les berges du canal sur une dizaine de kilomètres.

En 1880, on résolut encore d'accroître la quantité d'eau élevée à Atfeh. L'usine fut complètement transformée et sa puissanee augmentée de façon à donner, de 1882 à 1885, 1 500 000 mètres cubes d'eau par jour (17 mètres cubes par seconde) et, à partir de 1886, 2 à 3 millions de mètres cubes par jour (23 à 35 mètres cubes par seconde). Les pompes travaillaient pendant toute la durée des basses eaux, du mois de décembre au mois d'août, environ deux cent cinquante jours.

Mais, en 1890, le système d'irrigation de la province de Béhéra ayant été transformé de façon à ce que, pendant l'étiage et au commencement de la crue, elle reçut toute son eau d'un canal s'alimentant en amont du barrage du Delta, et, pendant la période des plus hautes eaux, du canal de Katatbeh, les machines d'Atfeh cessèrent, à partir de cette année-là, de fonctionner pendant l'étiage. On ne les fait plus marcher actuellement que dix ou quinze jours au commencement du mois d'août, lorsque la crue est en retard et qu'il faut un supplément d'eau pour l'arrosage du maïs, ou encore pendant les très bas étiages, comme en 1900.

Bien des difficultés surgirent aussi du côté du Katatbeh. La construction du barrage du Delta entraînait naturellement l'alimentation de la province de Béhéra par un canal ayant sa prise en amont de cet ouvrage. Ce canal fut creusé en 1860 sous le nom de rayah de Béhéra avec 20 mètres de largeur au plafond. Il partait du Barrage même et longeait le Nil jusqu'au Katatbeh, qu'il rejoignait après un parcours de 41 kilomètres. Il était projeté pour donner l'eau d'arrosage à toute la province pendant toute l'année.

Mais, le barrage du Delta ne fut pas en état de supporter pendant longtemps la retenue pour laquelle il était fait. Il en résulta que le rayah de Béhéra ne recevait pas assez d'eau. On ne pouvait d'ailleurs ni augmenter ni même espérer qu'on maintiendrait bien longtemps ce débit insuffisant avec les moyens d'action dont on disposait alors. Car ce canal envahi, sur presque tout son parcours, par les sables du désert et creusé dans un sol très meuble, exigeait des curages énormes dont l'exécution incombait à la corvée fournie par les villageois de la province. Or, comme la province est petite et que ses corvées étaient déjà surchargées par d'autres travaux, on était obligé de recourir aux contingents fournis par d'autres provinces, ce qui soulevait de justes protestations. Malgré tous les efforts, 20 000 hommes travaillant pendant vingt-cinq à trente jours parvenaient à peine à assurer en juin 1880 un débit de 15 mètres cubes par seconde et en 1882, 11 mètres cubes seulement. La situation était grave, la province manquait d'eau pendant l'étiage. D'autre part, pendant la crue, on barrait la prise du rayah de crainte que le courant ne bouleversât de fond en comble le lit et les berges dans les parties sablonneuses. L'eau de crue continuait donc à être fournie par le Katatbeh.

Pour parer au défaut d'alimentation du rayah de Béhéra pendant l'étiage, on résolut, en 1880, de faire pour le Katatbeh comme pour le Mahmoudieh, c'est-à-dire de lui fournir de l'eau par des machines élévatoires. On installa à sa prise une grande usine hydraulique pouvant élever du Nil dans le canal 2 millions et demi à 3 millions de mètres cubes par jour (29 à 35 mètres cubes par seconde). Ces machines fonctionnaient pendant les basses eaux de décembre à fin juillet, deux cent vingt jours environ.

Le rayah de Béhéra continuait d'ailleurs à donner encore pendant l'étiage un peu d'eau qui s'ajoutait à celle des pompes. En 1884 et 1885, avec le relèvement qu'on commençait à obtenir au Barrage jusqu'à la cote 12,50 m., il débitait 17 à 18 mètres cubes par seconde. Mais une expérience malheureuse, faite pendant la crue de 1885 pour obtenir l'enlèvement des apports dans le canal au moyen du courant produit par les eaux, le boucha presque complètement et, en 1888, pendant l'étiage, il ne donna plus que 5 mètres cubes par seconde, malgré les retenues de 3 mètres et 3,50 m. que produisait alors le Barrage.

On prit alors le parti d'exécuter sur ce canal de grands travaux de dragage et des consolidations de berges, et, quand ils furent achevés, à partir de l'année 1890, les pompes de Katatbeh cessèrent, comme celles d'Atfeh, de fonctionner; elles ont même été enlevées et utilisées ailleurs; toute l'eau de la province arrive donc maintenant pendant les basses eaux par le rayah de Béhéra, la prise du Katatbeh n'étant plus utilisée que pendant une partie de la crue.

De grandes modifications ont également été apportées dans ces dernières années au tracé de la partie inférieure du Katatbeh. Nous avons dit que, vers le kilomètre 90, il faisait un coude brusque vers l'ouest sur 22 kilomètres environ; il traversait ainsi à un niveau élevé les terres basses de la région et les détériorait par des infiltrations; il coupait aussi les lignes naturelles de drainage. Pour faire cesser ces inconvénients, on fit de grands travaux de 1891 à 1895 pour rectifier cette section du canal et lui donner à partir du kilomètres 42 une direction plus rationnelle.

Après toutes ces vicissitudes et ces modifications, voici comment est actuellement établi le système des canaux de la province de Béhéra.

Le rayah de Béhéra, qui fournit aujourd'hui toute l'eau de la province pendant l'étiage et au commencement de la crue, a sa prise située à l'ouest du barrage du Delta (branche de Rosette) avec un ouvrage de tête composé de trois arches de 4,10 m. d'ouverture et d'une écluse de 8 mètres de largeur; le radier est à la cote 10,60 m. Ce canal a 41 kilomètres de longueur; la largeur du plafond est de 20 mètres et la pente 0,065 par kilomètre.

Au kilomètre 6 est un pont-barrage tout récemment construit, com-

posé de trois arches de 5 mètres et d'une écluse de navigation de 35 mètres de longueur sur 8 mètres de largeur. Cet ouvrage a un but très spécial. En cet endroit, le rayah de Béhéra se trouve bordé, sur sa rive gauche, par le bassin Iswid, le dernier de la chaîne de la province de Ghizeh, et, sur sa rive droite, par de petits bassins s'étendant jusqu'à la branche de Rosette. La vidange du bassin Iswid s'écoule dans le rayah même au moyen d'une coupure de digue, le traverse pour inonder en passant les petits bassins situés sur sa rive droite et de là se déverse dans le Nil soit directement, soit en refluant en partie par le rayah jusqu'à son ouvrage de tête. Le pont-barrage du kilomètre 6 a pour but surtout, au moment du passage de la décharge du bassin Iswid, de régler le volume d'eau qui doit s'écouler en aval par le canal et de relever le niveau d'amont pour donner une bonne inondation aux petits bassins. Au commencement de la crue, il sert aussi, par la retenue qu'il peut produire, à lancer de bonne eau limoneuse dans le bassin Iswid qui, par sa situation, en est totalement privé sans cela.

Au kilomètre 21, est un autre ouvrage régulateur composé de trois arches de 5 mètres et d'une passe navigable de 8,50 m. de largeur.

A son extrémité aval, le rayah de Béhéra débouche librement dans le Katatbeh qui forme son prolongement. Ce dernier canal a, tout près de son confluent avec le rayah de Béhéra, un court branchement de prise sur la branche de Rosette, avec un ouvrage de tête, de construction toute récente, composé de sept arches de 5 mètres qui n'est ouvert que pendant les hautes eaux pour suppléer à ce moment-là à l'alimentation fournie par le rayah.

Sur les premiers 40 kilomètres de son cours, le Katatbeh est un simple canal d'amenée ayant 20 mètres de largeur au plafond et une pente moyenne de 0,04 m. par kilomètre. A son origine, la cote d'altitude du plafond est de 8 mètres et celle des terres voisines 13 mètres ; ce canal, pendant la crue, peut porter 5,50 m. de hauteur d'eau. Au kilomètre 17, est un pont régulateur de 15,80 m. de débouché total et au kilomètre 40, un autre ouvrage de 14,45 m. de débouché. En amont de ce dernier ouvrage, à Kafr Boulin, se détachent deux embranchements, le canal Nubarieh qui s'éloigne en longeant le désert (81 kilomètres de longueur et 10 mètres de largeur), et le canal Abou Diab (75 kilomètres de longueur et 8 mètres de largeur). Ces deux canaux arrosent la plus grande partie du côté ouest de la province de Béhéra. Au même endroit se trouve un déversoir au Nil de trois arches de 3 mètres.

A Kafr el Eiss, au kilomètre 51, le Katatbeh a une seconde prise sur le Nil de 20 mètres de largeur, utilisée pendant la crue, qui peut prendre 2 mètres de hauteur d'eau en moyenne au mois d'août, au moment des grands besoins de l'agriculture.

Au même point, le Katatbeh se divise en trois branches.

La première, qui porte encore le nom de Katatbeh et qui est prolongée par le Sahel Merkez, a 18 mètres de largeur à son origine et 55 kilomètres de longueur ; elle suit les bords du Nil et va alimenter le Mahmoudieh auprès de son origine, à Atfeh.

La seconde, le Handak Gharbi s'écarte vers le nord-ouest en suivant le côté ouest de la ligne du chemin de fer ; il a à sa prise une largeur de 14 mètres au plafond ; sa longueur est de 33 kilomètres. Au kilomètre 24, il a une jonction avec le troisième embranchement du Katatbeh qui est le Handak Charghi, canal de 45 kilomètres de longueur, qui suit le côté est de la ligne du chemin de fer, qui a 8 mètres de largeur à sa prise et qui s'élargit à 20 mètres depuis sa jonction avec le Handak Gharbi jusqu'au canal Mahmoudieh dans lequel il se jette.

Quant au canal Mahmoudieh, dont le tracé est resté tel que nous l'avons décrit, il est maintenant entièrement alimenté toute l'année par les deux embranchements du canal Katatbeh que nous venons de citer : le Sahel Merkez qui s'y déverse à Atfeh, et le Handak Charghi qui y tombe au kilomètre 15. Une écluse de 12 mètres de largeur, construite au kilomètre 45 avec trois pertuis de 2,20 m. de largeur, sépare la partie du canal consacrée à l'irrigation, celle qui est à l'est, de celle qui est presque exclusivement destinée à l'alimentation en eau douce de la ville d'Alexandrie. Le radier de cette écluse est à l'altitude — 0,50. La largeur du plafond du canal est réglée à 15 mètres entre Atfeh et le kilomètre 45 et à 12 mètres entre ce dernier point et Alexandrie.

Le rayah de Béhéra, pendant l'étiage, avec la cote d'eau 12,30 m. à sa prise, débite 40 mètres cubes ; avec la cote 13 mètres, il donne 57 mètres cubes ; avec la cote 14 mètres, 78 mètres cubes, soit avec 3,40 m. de hauteur d'eau. Pendant la crue, avec la cote de 15,35 m. qui correspond à une hauteur d'eau de 4,90 m. et qui est à peu près le maximum de hauteur admise dans ce canal, le débit est de 170 mètres cubes par seconde. A la suite des travaux qu'on exécute actuellement à son ouvrage de tête, on pourra probablement pousser le niveau de l'eau jusqu'à la cote 16,10 m. et alors le débit s'élèvera à près de 200 mètres cubes par seconde.

Quant au canal Mahmoudieh, on lui donne, en moyenne, 1,90 m. de hauteur d'eau pendant l'étiage et 2,90 m. pendant la crue. En temps d'étiage, on cherche à maintenir le niveau du côté d'Alexandrie à 1 mètre au moins au-dessus de la mer pour fournir à la ville une eau de bonne qualité.

DISTRIBUTION DES EAUX AU BARRAGE DU DELTA ET DANS LES DEUX BRANCHES DU NIL

Il résulte de ce qui précède que le barrage du Delta est la clef de l'irrigation des 1 400 000 hectares qui forment la partie cultivable de la Basse Égypte. C'est cet ouvrage qui commande la distribution des eaux du fleuve dans les canaux d'arrosage des trois parties du Delta et dans les deux branches de Rosette et de Damiette. C'est là que sont prises les mesures générales pour la répartition des eaux qui apporteront la fertilité jusqu'à la mer, c'est-à-dire jusqu'à plus de 150 kilomètres de distance.

Résumons les conditions principales que doit remplir cette distribution et l'outillage qui est à la disposition des ingénieurs pour la réaliser.

Les besoins d'eau sont les suivants :

Pendant la période des basses eaux, mars à juillet, arrosage de 30 à 40 p. 100 de la surface des terres, plantées en riz pour une petite partie et en coton pour le reste, soit en tout de 420 000 à 560 000 hectares.

Dès le commencement de la crue, soit en juillet et août, continuation de l'arrosage du riz et du coton, et, en plus, arrosage des terres à maïs et à sorgho représentant 40 p. 100 environ de la surface cultivable, soit en tout plus de 900 000 hectares.

Pendant la crue, arrosage de toutes les terres du Delta, tant pour les récoltes sur pied que pour la préparation des récoltes d'hiver.

Enfin, après la crue, pendant l'hiver, arrosage modéré des récoltes sur pied, sur les deux tiers environ de la surface du Delta ; les besoins d'eau sont alors peu pressants et variables suivant l'état plus ou moins humide de l'atmosphère.

Pour irriguer cette vaste étendue de territoire, qui descend en pente douce vers la mer en partant de la cote d'altitude maxima de 18 mètres pour aboutir aux cotes de 0,50 m. à 1 mètre auxquelles s'arrêtent les terres cultivables, on a créé à la pointe du Delta un grand ouvrage régulateur qui barre les deux branches du Nil au moyen d'appareils mobiles de fermeture.

Le radier de cet ouvrage est à la cote 9,50 m. sur la branche de Damiette et varie de 9 mètres à 11,50 m. sur la branche de Rosette.

La retenue qu'il peut produire s'est beaucoup accrue depuis qu'il est mis en service par suite des travaux de renforcement qu'on y a exécutés ; elle atteint aujourd'hui l'altitude maxima de 15,50 m.

Mais ce niveau ne peut naturellement être maintenu en étiage, à l'amont du Barrage, que lorsque les besoins de l'arrosage ne dépassent pas le débit du fleuve.

Dans les plus bas étiages, la cote de l'eau en aval du Barrage descend jusqu'à 9,20 m.

En crue, toutes les portes du Barrage étant ouvertes, les eaux sont arrivées à la cote d'altitude 18,60 m. en 1878 ; c'est le maximum ; elles ont atteint la cote 15,39 m. en 1877, c'est le minimum. Elles montent en moyenne à la cote 17,25 m.

En temps d'étiage comme en temps de crue, les eaux sont distribuées par trois grands canaux : le rayah de Béhéra (20 mètres de largeur) pour la province de l'ouest ; le rayah Menoufieh (55 mètres de largeur), pour les provinces du centre ; le rayah Tewfikieh (26 mètres de largeur), pour les provinces de l'est.

Les radiers des ouvrages de prise de ces trois canaux sont, pour le premier, à la cote 10,60 m. et pour les deux autres à la cote 9,50 m. En temps de crue, les eaux peuvent s'y élever à des cotes de 15,50 m. à 16 mètres.

En outre, l'arrosage des provinces de l'est est complété par trois autres canaux moins importants, qui ont leur prise à une certaine distance en amont du Barrage : les canaux Ismaïlieh, Cherkaouieh et Bessoussieh.

Pendant l'étiage, ce sont là les seuls canaux qui reçoivent l'eau du Nil pour la distribuer sur la Basse Égypte ; toutefois quelques terres bordant le Nil sont arrosées au moyen de machines à vapeur puisant directement dans le fleuve.

Pendant la crue, c'est-à-dire à partir du milieu d'août, un certain nombre de prises réparties le long des deux branches de Rosette et de Damiette viennent augmenter le volume d'eau fourni par ces canaux.

Distribution au Barrage pendant l'hiver. — A la suite d'une série d'étiages bas pendant lesquels on avait éprouvé des difficultés à donner de l'eau en quantité suffisante, le service des irrigations avait pensé qu'il convenait, pendant les mois de février et de mars, de restreindre le débit dans les canaux, de façon à pousser les propriétaires à ne pas planter plus de riz et de coton qu'on ne pourrait en arroser pendant les mois d'été. Mais on reconnut bientôt que le but n'était pas atteint, et que le seul résultat obtenu était de faire souffrir du manque d'eau les cultures au moment où elles en avaient le plus besoin, c'est-à-dire quand les plantes étaient encore jeunes. On résolut donc, ces dernières années, de laisser en hiver couler dans les canaux autant d'eau qu'on en demande. C'est aux cultivateurs à prendre leurs mesures pour ne pas étendre leurs semailles au delà de ce que pourra plus tard irriguer le Nil.

Ainsi actuellement, en principe, le débit des canaux est réduit dans les mois de décembre et de janvier pour les curages ; puis, au mois de février,

date à laquelle la demande d'eau se produit, on manœuvre les portes du Barrage de façon à obtenir et à maintenir en amont un niveau en rapport avec les besoins de l'agriculture et on ouvre entièrement les prises des canaux.

En 1893, on n'avait commencé à fermer le barrage que lorsque la cote amont était descendue à 13,26 m., soit le 8 février; c'était une cote trop basse.

En 1895, année où il y eut peu de pluies en hiver, on fut obligé de relever pendant douze jours, à partir du 29 janvier, la cote de la retenue de 13.60 m. à 13,85 m.; puis, comme on avait ensuite abaissé cette cote à 13,50 m., on fut encore obligé de la relever jusqu'à 13.75 m. pendant les huit premiers jours de mars.

En 1900, on régla le barrage de façon à maintenir les cotes de 13,80 m. et 13,85 m. pendant le mois de février et jusqu'au 19 mars; les rapports officiels constatent qu'on ne reçut pas de plaintes pour manque d'eau pendant ces deux mois.

C'est donc la cote d'altitude de 14 mètres qui paraît convenir pour la retenue du Barrage dans cette saison.

La seule restriction à apporter au débit d'hiver des canaux est de ne pas leur donner plus d'eau qu'il n'en faut pour l'arrosage, à moins qu'on ne puisse retourner l'excédent au Nil par leurs déversoirs. Sans quoi, ce surplus d'alimentation va se perdre dans les lacs du nord, en relève le niveau, inonde les terres basses et rend le drainage difficile.

La chute au Barrage est faible à cette époque de l'année, le débit du Nil étant très supérieur aux besoins. Ainsi, en 1893, avec un niveau de 13,55 m., maintenu du 15 au 28 février, les cotes d'aval étaient 12,85 m. pour la branche de Rosette et 12,90 m. pour la branche de Damiette.

Distribution pendant l'étiage. — Le principe de la distribution pendant l'étiage est de lancer dans les six grands canaux d'alimentation du Delta, avec un niveau aussi élevé que le permet la retenue du Barrage, tout le débit du Nil, si c'est nécessaire, réparti entre eux aussi équitablement que possible[1].

La base admise pour cette répartition et calculée d'après l'étendue des surfaces cultivables est la suivante :

2/3 du débit total pour les provinces de l'est;
2/5 — du centre;
1/5 — de l'ouest.

Nous donnons ci-dessous un tableau de cette répartition faite le

[1] Il y a quelques années, la population n'acceptait pas cette répartition; elle réclamait l'ouverture en grand des prises des six canaux d'alimentation du Delta pendant l'étiage; ce n'était pas juste, car en fait les provinces du centre étaient ainsi moins favorisées que celles de l'est ou de l'ouest.

13 juin 1900, avec un étiage exceptionnellement bas, une cote amont du Barrage de 12,95 m. et un débit du Nil de 220 mètres cubes par seconde. Ce débit étant inférieur à la quantité normale nécessaire aux cultures, on fit entrer en ligne de compte le volume élevé par les pompes installées sur les branches du Nil, en aval du Barrage ; car, dans les conditions de disette d'eau où l'on se trouvait, il était absolument nécessaire de mesurer exactement à chaque province sa consommation réelle. Les pompes donnant, d'après l'estimation des ingénieurs, un total de 50 mètres cubes par seconde, la quantité d'eau à répartir se trouvait être de 270 mètres cubes par seconde.

NIVEAUX DES CANAUX		NOMS DES CANAUX	RÉPARTITION du débit total évalué à 270 m^3 par seconde.	DÉBIT des pompes à déduire.	RÉPARTITION du débit du fleuve au Barrage.
en amont de la prise.	en aval de la prise.				
m.	m.			m^3	m^3
		Province de l'ouest.			
12,91	12,26	Rayah Béhéra . . .	1/5 × 270 m^3	15	39
		Provinces du centre.			
12,91	12,86	Rayah Menoufieh. .	2/5 × 270 —	23	85
		Provinces de l'est.			
12,92	12,36	Rayah Tewfikieh. .	25/100×270m^3	7,3	60,2
13,14	12,85	Canal Ismailieh . .	10/100×270—	3	24,0
13,04	13,03	Canal Cherkaouieh.	3/100×270—	1	7,1
13,05	13,02	Canal Bessoussieh .	2/100×270—	0,7	4,7
		TOTAUX.		50	220,0
		Débit total réparti.		270 m^3	

D'après les chiffres des deux premières colonnes du tableau, qui donnent les cotes en amont et en aval des ouvrages de prise, le rayah Menoufieh et les canaux Cherkaouieh et Bessoussieh coulaient librement, tandis que les prises des autres canaux étaient en partie fermées pour donner la répartition voulue.

Dans les années ordinaires, on maintient facilement le niveau de la retenue à la hauteur réglementaire par la simple fermeture des portes, quoiqu'une quantité d'eau assez importante filtre entre elles, et le niveau de l'eau en aval reste au moins à la cote 10,50 m. Mais, dans les mauvais étiages, on est obligé d'étancher tous les joints ; alors il ne passe plus dans les branches de Rosette et de Damiette aucune goutte d'eau du Nil ; elles ne reçoivent que des infiltrations ; le lit est à sec à l'aval du Barrage et la cote de l'eau y descend jusqu'à l'altitude 9,20 m. Malgré ces précautions, on ne peut, ces années-là, tenir la cote réglementaire en amont du Barrage,

le débit du Nil étant alors inférieur aux besoins de l'irrigation. En 1900, la cote tomba, de ce fait, à 12,92 m.; en 1890, elle était descendue à 12,89 m.; et cela, bien que le débit des canaux fût réduit au minimum par une sévère application des rotations. Dans ce cas, il n'y a rien à faire, qu'à laisser passer les mauvais jours.

Pendant les très bonnes années, il y a assez d'eau dans le Nil en été pour qu'on n'ait pas besoin de fermer complètement les portes du Barrage.

Distribution au commencement de la crue. — On arrive ainsi jusque vers le milieu du mois de juillet, époque critique pour les irrigations, parce que, la crue commençant à peine, le fellah réclame beaucoup d'eau pour les semailles du maïs.

La cote minima qu'il convient d'avoir à ce moment-là en amont du Barrage est 15,50 m. Aujourd'hui que cet ouvrage peut donner avec sécurité cette retenue, quelle que soit la hauteur de l'eau en aval, il n'y a de difficulté à obtenir cette cote que dans les années d'étiage bas et prolongé. Dans tous les cas, on maintient le Barrage fermé jusqu'à ce que les eaux de la retenue arrivent à cette altitude, les canaux ayant leur prise entièrement ouverte et débitant toute l'eau qu'on leur demande.

Lorsque le Barrage ne pouvait encore supporter, par suite de ses dispositions, que des charges de 3,50 m. à 4 mètres, les arrangements étaient tout différents.

Avant 1896, on ouvrait graduellement les portes au fur et à mesure que le Nil montait, de façon à maintenir le niveau d'amont; le Barrage était complètement ouvert lorsque le fleuve atteignait ce niveau sans retenue. C'était en général vers le 5 août que ce fait se produisait.

Mais, en 1896, la crue étant en retard, il y eut manque d'eau entre le 15 juillet et la fin d'août. On essaya alors, pour la première fois, de régler le Barrage au mois d'août avec la cote 15,50 m. en amont et 1 mètre de chute. On sauva ainsi le maïs. Le Barrage fut complètement ouvert le 22 août, soit dix-sept jours après l'époque ordinaire.

Depuis lors, dès que la crue se faisait sentir, on cherchait à atteindre le plus tôt possible la cote 15,50 m. pour la maintenir ensuite; mais, afin de ne pas faire subir au Barrage des charges trop fortes, on ne relevait le niveau d'amont qu'en relevant en même temps celui d'aval.

Par cette manœuvre du Barrage en juillet, on avançait d'une quinzaine de jours le moment où le Nil atteignait la cote 15,50 m.; c'était déjà un grand bénéfice pour le coton et le maïs et une grande facilité pour la distribution de l'eau; avec le Barrage tel qu'il est aujourd'hui et la manière d'opérer qui est actuellement pratiquée, l'avance est encore plus considérable.

Distribution pendant la crue. — Au milieu d'août, la crue est généralement assez haute pour que le Barrage soit ouvert en grand sans que le Nil, en amont, s'abaisse au-dessous de la cote 15,50 m. On le laisse ouvert jusqu'au moment où le fleuve redescend à cette cote et alors on commence à le fermer plus ou moins pour le régime d'hiver.

Par exception, dans les très mauvaises années, le Barrage n'est pas complètement ouvert pendant la crue. Ainsi, en 1899, le Nil n'était encore, le 31 juillet, en amont du Barrage, qu'à la cote 14,30 m. ; il s'éleva graduellement jusqu'au 9 septembre à l'altitude 15,61 m. ; mais on ne put obtenir cette cote qu'en créant une chute de 0,28 m. sur la branche de Rosette et de 0,16 m. sur la branche de Damiette. La crue commençant alors à baisser, on ne put maintenir un niveau suffisant qu'en fermant davantage les portes et on empêcha de cette façon le Delta de souffrir d'une très mauvaise crue.

Pendant la crue, les ouvrages de prise des canaux restent ouverts en grand jusqu'à ce que la cote du Nil atteigne celle qui est fixée comme maxima pour ces canaux, soit 15,50 m. à 16 mètres. A partir de ce moment, on règle les ouvertures de prise de façon à ce que le niveau dans les canaux ne dépasse pas cette hauteur. Toutefois, pour le rayah de Béhéra, les conditions sont un peu différentes. Par mesure de prudence, tant à cause de l'état de l'ouvrage de tête, actuellement en cours de consolidation et d'achèvement, que par suite de la légèreté du sol sableux dans lequel il est creusé, on le ferme complètement par une digue lorsque le Nil atteint la cote 15,50 m. et on alimente la province de Béhéra par le canal Katatbeh, dont la prise est à 40 kilomètres en aval.

Distribution de l'eau dans les deux branches du Nil. — Pendant les mois de crue, le Barrage étant entièrement ouvert, les branches de Damiette et de Rosette reçoivent toute la quantité d'eau qui n'est pas absorbée par les canaux d'alimentation du Delta. Une partie de cette eau est envoyée sur les terres par les canaux nili échelonnés le long de ces deux branches et dont les prises, en raison de leur niveau, se remplissent vers le milieu du mois d'août.

Mais, à partir du moment où, le niveau du fleuve s'abaissant, on ferme graduellement les portes du Barrage, la proportion d'eau qui s'écoule dans les deux branches diminue rapidement par rapport à celle qui est envoyée dans les canaux. Comme, après la crue et pendant toute la durée de l'étiage, elles ne servent, au point de vue de l'irrigation. qu'à alimenter des machines élévatoires qui n'ont guère qu'un débit maximum de 25 mètres cubes par seconde pour la branche de Rosette et de 20 mètres cubes par seconde pour la branche de Damiette, leur lit contient toujours assez d'eau pour satisfaire à ces besoins, sauf toutefois lorsque, dans les mauvaises années, on est obligé

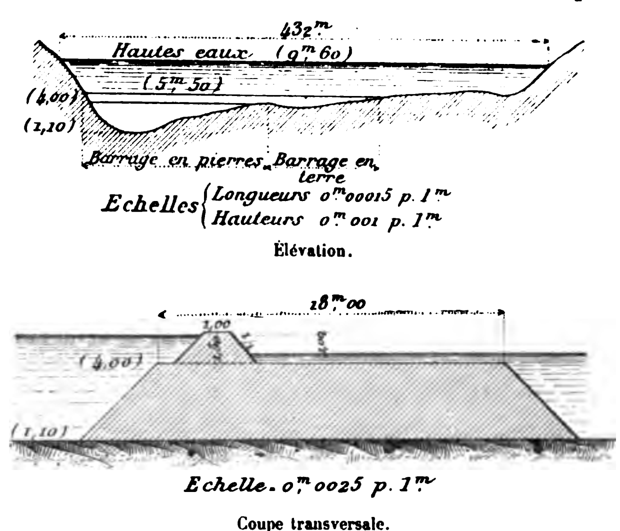
de calfater hermétiquement les portes du Barrage pour empêcher toute perte par l'aval. Dans ce dernier cas, les deux branches du Nil, du Barrage à la mer, ne sont plus alimentées que par la nappe souterraine et par le drainage naturel vers la cuvette profonde du lit du fleuve des eaux d'infiltration provenant de l'arrosage. Cette récupération est relativement assez importante. Ainsi, d'observations faites par les ingénieurs, pendant le très bas étiage de 1900, sur la branche de Rosette, dans la partie inférieure de son cours, il résulte que les infiltrations fournissent à cette branche, évaporation déduite, en mai 50 mètres cubes et en juin 40 mètres cubes par seconde. C'est un débit suffisant pour entretenir le débit des pompes. Cependant, au mois de juin de la même année, cette alimentation par le sous-sol sembla s'arrêter tout à fait; sur la branche de Damiette, le lit du fleuve ne présentait dans certains endroits qu'une succession de mares stagnantes (c'est d'ailleurs tout à fait exceptionnel). On dut alors réduire de 11,53 m. par seconde le débit du rayah Menoufieh en diminution de la part qui lui revenait et augmenter d'autant le débit du rayah Tewfikieh ; cette quantité doublée fut restituée au Nil, au kilomètre 89, par l'ouvrage de tête du canal Mansourieh, et mise ainsi à la disposition des machines élévatoires établies à peu près par moitié sur une rive et sur l'autre.

Ainsi, sauf dans des cas très rares, le débit d'étiage des deux branches du Delta est suffisant pour le débit des pompes. Mais, il arrive assez souvent que le niveau du fleuve n'étant plus assez élevé, les eaux de la mer remontent jusqu'à des distances de 30 à 60 kilomètres des embouchures et rendent l'irrigation par machines impossible sur tout ce parcours.

On remédie à cet inconvénient de diverses manières suivant que, d'après les prévisions, la situation doit durer plus ou moins longtemps. Tantôt, lorsque cette invasion de l'eau salée ne doit se produire que quelques jours avant l'arrivée de la crue, on fait des lâchures dans le lit du fleuve par les déversoirs des canaux, ou même par le Barrage. Tantôt, lorsque les eaux salées ne remontent pas trop haut, on autorise les pompes à puiser dans les canaux voisins. Mais quand on prévoit que les difficultés doivent durer plusieurs mois, on construit un barrage temporaire en enrochements à quelques kilomètres de l'embouchure du fleuve, pour en relever les eaux à une certaine hauteur au-dessus du niveau de la mer. Ce barrage est enlevé aussi complètement que possible dès que la crue commence à arriver.

Cette digue, sur la branche de Damiette, est établie un peu au nord de la ville de Damiette, à 12 kilomètres de l'embouchure. En 1900, elle fut fermée complètement le 16 mars et enlevée fin juillet. On obtint ainsi une retenue d'un demi-mètre pendant l'étiage. La dépense de construction et d'enlèvement fut de 128 000 francs. L'eau salée est plus nuisible encore sur la branche de Rosette que sur celle de Damiette, d'une part, parce que les

cultures qui en souffrent sont plus étendues et, d'autre part, parce que, lorsque la mer remonte en amont de la prise du canal Mahmoudieh, l'alimentation d'eau douce de la ville d'Alexandrie se trouve compromise. Aussi c'est assez fréquemment qu'on construit un barrage provisoire à l'embouchure de la branche de Rosette. On le place à Mehallet el Amir, à 30 kilomètres de l'embouchure du fleuve. Par exemple, en 1898, on en fit un qui fonctionna des premiers jours de juin à la fin de juillet, qui coûta 208 000 francs et qui donna une retenue de 0,40 m. à 0,50 m. pendant l'étiage,



Élévation.

Coupe transversale.

Fig. 28 et 29. — Barrage provisoire de Mit Gamr.

et de 1,25 m. à la fin de juillet, lorsque les eaux nouvelles arrivèrent. Les pompes d'Atfeh purent alors fonctionner du 23 mai au 18 août, et fournirent au canal Mahmoudieh pendant cette période un débit supplémentaire de 60 000 000 de mètres cubes. En 1900, on recommença, au prix de 245 000 francs ; le barrage fonctionna du 18 avril à la fin de juillet ; les pompes d'Atfeh marchèrent du 10 juin au 16 août et lancèrent dans le canal Mahmoudieh pendant ce temps 84 000 000 de mètres cubes d'eau douce.

L'usage de ces digues provisoires date du temps où, le Barrage ne donnant pas encore tout son effet, certains canaux importants avaient leurs prises sur les deux branches du Nil, et où l'irrigation des provinces du Delta dépendait encore pour une grande part de la bonne alimentation de ces canaux. On trouvait alors plus économique et plus pratique d'exhausser le niveau des eaux d'étiage, en divers points du fleuve, par ces ouvrages temporaires, que de creuser les canaux à une profondeur assez grande pour leur assurer un débit suffisant.

Ainsi, voici quels furent, en 1887, les barrages provisoires construits en travers du Nil.

Sur la branche de Damiette :

1° En aval des prises du Bahr Moez et du canal Sahel, à Mit-Gamr ; ouvrage commencé le 15 avril et achevé le 15 mai, formé de 3 000 mètres cubes de pierres ; coût, 35 000 francs ; retenue obtenue, 0,44 m. ;

2° En aval des prises des canaux Mansourieh et Om Salama ; ouvrage commencé le 22 avril et fini le 1er mai, comprenant 6 190 mètres cubes de pierres ; coût, 63 000 francs ; relèvement obtenu, 0,62 m . ;

3° En aval de Damiette ; ouvrage commencé le 18 mai et fini le 19 juin ; on répara sur 400 mètres de longueur l'ouvrage de 1886 pour 26 000 francs ;

Sur la branche de Rosette :

1° En aval de la prise du canal de Katatbeh ; ouvrage commencé le 3 février et fini le 6 mars pour 68 000 francs ; relèvement obtenu 0,85 m. ;

2° A Mehallet el Amir, en aval d'Atfeh, ouvrage commencé le 1er février et fini le 7 avril ; coût 276 000 francs ; relèvement obtenu, 0,50 m.

Les figures 28 et 29 représentent le barrage provisoire qui fut construit en 1885 à Mit-Gamr, sur la branche de Damiette. C'est un massif d'enrochements établi en travers du fleuve et formant une digue de 430 mètres de longueur avec 25 mètres de largeur en couronne. Quand la crue venait, la plus grande partie possible des pierres était déposée sur la rive pour être utilisée l'année suivante ; le reste, laissé en place, ne produisait qu'un relèvement insensible des eaux, la section du lit mineur barré pendant l'étiage n'étant qu'une très faible portion du lit majeur.

GRANDES VOIES DE NAVIGATION DU DELTA

Le régime artificiel, créé aux deux branches du Nil pour le bénéfice des irrigations, rend naturellement la navigation impossible sur la plus grande partie de leur parcours pendant plus de la moitié de l'année, c'est-à-dire du mois de janvier au mois d'août. Pour parer à cette situation, on forma, au moyen des principaux canaux d'irrigation, des lignes intérieures de navigation; il suffit pour cela d'accoler des écluses aux ouvrages régulateurs. D'ailleurs, par suite de l'apport des infiltrations dans les deux branches du Nil, celles-ci ont encore, presque toujours, à une centaine de kilomètres en aval du Barrage, assez d'eau pour porter des barques.

Les grandes voies navigables du Delta sont les suivantes (voir fig. 30) :

1° Du Caire à Alexandrie, par le fleuve jusqu'au Barrage, puis par le rayah Menoufieh et le canal Bagourieh qui est muni d'une double écluse de communication avec le Nil à Goddabah ; de là, par le Nil, jusqu'à Atfeh, et ensuite par le canal Mahmoudieh jusqu'à Alexandrie ;

2° Du Caire à la mer, par les provinces du centre, en empruntant le Nil, le rayah de Menoufieh et le bahr Chibin ;

3° Du Caire au lac Menzaleh par le Nil, le rayah Tewfikieh, le canal Mansourieh et le bahr Saghir, avec communication au Nil par une écluse à Mansourah ;

4° Du Caire à Suez par le canal Ismaïlieh, avec une artère transversale,

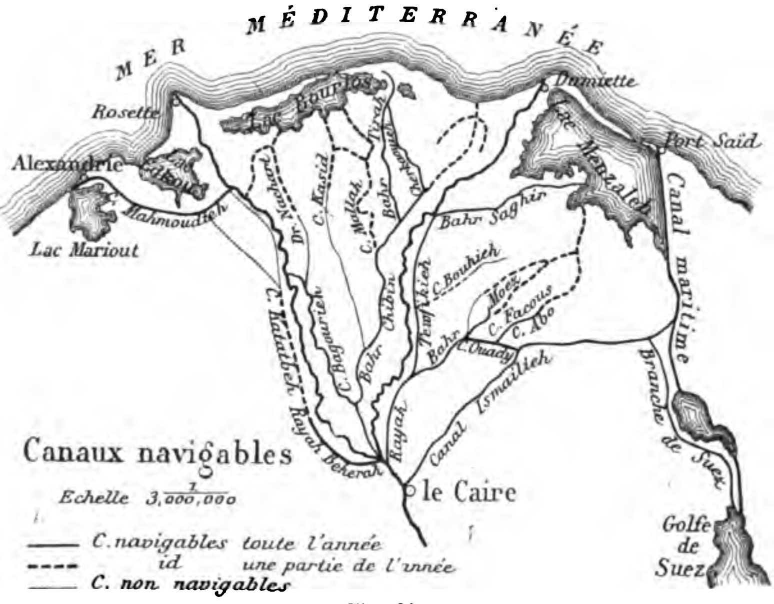


Fig. 30.

qui empruntant le canal Ouady et le bahr Moez se relie avec le rayah Tewfikieh.

En dehors de ces grandes lignes, les barques sont admises à circuler sur beaucoup d'autres canaux pour de petits parcours, entre les ouvrages régulateurs, et pendant certaines époques où ces canaux ont un tirant d'eau suffisant.

Les communications sont donc assurées par eau sur un grand nombre de points du Delta au moyen des ouvrages mêmes qui servent à l'irrigation, et elle se fait ainsi dans des conditions de sécurité et de régularité bien supérieures à celles qu'on pourrait espérer en utilisant le cours même du fleuve.

STATISTIQUE DES CANAUX D'IRRIGATION ET DES MACHINES ÉLÉVATOIRES DU DELTA [1]

— Les digues qui protègent les cultures de la Basse Égypte contre les crues du Nil ont 920 kilomètres de longueur.

Quant aux canaux qui en assurent l'arrosage, ils ont une longueur totale

[1] Ces chiffres sont extraits de l'ouvrage de M. Willcocks « Egyptian Irrigation ».

de 10010 kilomètres, dont 6973 kilomètres de canaux sefi et 3037 kilomètres de canaux nili, ce qui représente, par hectare, une longueur de 7 mètres de canal, dont 5 mètres en canaux sefi.

Comme ces canaux ne distribuent pas l'eau en général au niveau des terres, au moins pendant une partie de l'année, ils sont complétés par un outillage considérable de machines élévatoires, telles que norias (sakiehs) et pompes à vapeur, sans compter les petits appareils mobiles tels que les chadoufs, vis d'Archimède, etc., qui sont innombrables. Ces machines sont réparties comme il suit :

Sur la branche de Damiette :

	NOMBRE.	FORCE EN CHEVAUX.
Machines fixes	94	690
Locomobiles avec pompes centrifuges	171	830
Totaux	265	1520

Sur la branche de Rosette :

	NOMBRE.	FORCE EN CHEVAUX.
Machines fixes	24	400
Locomobiles avec pompes centrifuges	65	300
Total	89	700

Sur les canaux :

	NOMBRE.	FORCE EN CHEVAUX.
Machines fixes	409	2830
Locomobiles avec pompes centrifuges	3014	13000
Total	3423	15830

Ainsi, il y a en tout dans la Basse Égypte :

	NOMBRE DE MACHINES FIXES OU MOBILES.	FORCE EN CHEVAUX
Sur la branche de Damiette	265	1520
Sur la branche de Rosette	89	700
Sur les canaux	3423	15830
Totaux	3777	18050

Ce qui représente à peu près un cheval et demi par cent hectares.

Quant aux sakiehs, elles sont distribuées comme il suit :

Sur la branche de Damiette	2410
Sur la branche de Rosette	1300
Sur les canaux	59460
Sur des puits creusés au milieu des champs	17440
Total	80610

Soit sur l'ensemble une moyenne de une sakieh pour 17 hectares. Parmi celles qui sont établies au milieu des champs, le plus grand nombre ne fonctionne plus actuellement.

ENTRETIEN DES DIGUES ET DES CANAUX

L'entretien des digues et des canaux exige chaque année des mouvements de terre considérables. Le renforcement des digues, le curage des canaux nili ainsi que des canaux sefi secondaires qu'on peut sans inconvénient laisser à sec en hiver pendant quelques semaines, sont exécutés par des terrassiers, à l'entreprise. Mais le curage des principaux canaux sefi se fait à la drague.

En moyenne, pendant les cinq dernières années, on a exécuté, dans le Delta pour 1 270 000 mètres cubes de dragages par an et pour 7 500 000 mètres cubes de déblais à sec. Les dragages étant payés à raison de 0,95 fr. le mètre cube et les terrassements à 0,43 fr. en moyenne, il en résulte que la la dépense totale est de 4 460 000 francs, qui, répartie sur les 1 400 000 hectares du Delta font une dépense annuelle de 3,20 fr. par hectare cultivable.

A cette somme, il faut ajouter la dépense de gardiennage des digues pendant la crue ; ce service est fait par des hommes de corvée, recrutés dans les villages et non payés. La durée du gardiennage et le nombre des hommes appelés sont variables avec l'intensité et la durée de la crue. Le temps de présence de ces hommes sur les digues est de soixante-quinze à cent jours. Mais pendant les crues très basses, comme en 1899, le service de gardiennage devient très réduit ; le nombre total des journées d'homme n'a pas dépassé cette année-là 41 000. En moyenne, on peut compter sur cinq cent soixante mille journées qui, estimées à 1 franc, forment une dépense annuelle de 560 000 francs, ou 0,40 fr. par hectare cultivable.

Enfin l'entretien des nombreux ouvrages d'art, les travaux de défense des berges du Nil contre les érosions, etc. qui comptent chaque année pour 1 000 000 francs, représentent à peu près 0,70 fr. par hectare.

En additionnant ces trois sommes, on arrive à un total de 4,30 fr. par hectare comme dépense annuelle d'entretien des canaux et ouvrages d'irrigation du Delta.

IMPORTANCE DES CULTURES DU DELTA

Si l'on s'en rapporte aux statistiques établies par le Ministère des Finances d'Égypte pour l'année 1899, les cultures du Delta pour l'hiver 1898-99 et pour l'été de 1899 se sont réparties comme il suit :

Cultures d'été.

Coton[1]	455 636 hectares.	
Riz	81 787 —	
Arachides	6 613 —	
Divers	5 175 —	
Total pour les cultures d'été		549 211 hectares.

Cultures nili.

Maïs, dourah, etc	385 389 hectares.	
Melons, pastèques, etc	6 398 —	
Total pour les cultures nili		391 787 hectares.

Cultures d'hiver.

Blé	264 008 hectares.	
Orge	135 853 —	
Fèves	70 931 —	
Fourrages	219 616 —	
Divers	27 106 —	
Total pour les cultures d'hiver		817 504 hectares.
Total		1 758 502 hectares.

Les cultures d'été entrent dans ce total pour 32 p. 100, les cultures nili pour 22 p. 100 et les cultures d'hiver pour 46 p. 100.

La surface des terres cultivables étant comptée pour 1 400 000 hectares, on voit que la surface annuelle des récoltes est de 25 p. 100 plus forte que la superficie cultivable. Ce chiffre n'est d'ailleurs qu'une moyenne s'appliquant à l'ensemble de la Basse Égypte qui comprend des régions où les terres sont plus ou moins bonnes ou plus ou moins susceptibles de porter plusieurs récoltes par an. Dans les bonnes régions, la superficie des récoltes dépasse au moins de 50 p. 100 celle de la terre.

Ces chiffres montrent en outre que, pour l'ensemble de la Basse Égypte 39 p. 100 de la surface cultivable est plantée en coton et, en même temps, 28 p. 100 de la même surface porte des cultures nili (maïs, dourah, etc.) C'est donc 67 p. 100 de la surface du pays qui a besoin d'eau à la fois dès le commencement de la crue.

RÉGION IRRIGUÉE PAR LE CANAL IBRAHIMIEH

Il a déjà été dit quelques mots du canal Ibrahimieh à propos des bassins d'inondation de la Moyenne Égypte[2]. Cette grande artère sert, en effet, à deux fins : comme canal d'inondation et comme canal d'irrigation.

[1] La surface moyenne cultivée en coton pendant les sept dernières années a été de 515 000 hectares.

[2] Voir pages 94 et suivantes.

Le canal Ibrahimieh est aujourd'hui en pleine période de transformation. Une partie ae l'eau emmagasinée dans le réservoir d'Assouan [1], qui vient d'être achevé, doit en effet être utilisée pour faire de l'irrigation permanente sur presque tous les bassins d'inondation de la Moyenne Égypte, et c'est le canal Ibrahimieh qui est appelé à subvenir à ces nouveaux besoins. On s'occupe de modifier en conséquence sa prise, sa section et ses ouvrages de distribution.

Nous ne nous occuperons ici que de ce qu'il était avant que ces travaux ne fussent commencés. Cette étude, quoique un peu rétrospective, présentera cet intérêt particulier qu'il s'agit d'un canal qui a 268 kilomètres de longueur, qui est une simple dérivation du Nil sans ouvrage de tête et sans barrage dans le fleuve pour en régler le plan d'eau, et dont le débit, dans les diverses saisons, dépend uniquement de la hauteur naturelle des eaux du Nil au-dessus du plafond. En outre, donnant par lui même et par ses embranchements l'eau d'irrigation à 106 000 hectares de terres situées le long de son tracé, il alimente encore un long cours d'eau, le Bahr Yousef, qui, après un parcours de 276 kilomètres, va porter l'eau d'irrigation dans la province du Fayoum d'une surface de 128 600 hectares. Il dessert donc ainsi 234 600 hectares, sans compter les services qu'il rend pendant la crue pour le remplissage de 200 000 hectares de bassins.

Le canal Ibrahimieh coule sur les terres hautes qui bordent le Nil ; la région qu'il arrose est comprise entre la digue du Nil et une autre digue longitudinale dite digue *Mohit*, distante de la première de 5 à 6 kilomètres ; de l'autre côté de la digue *Mohit* sont les bassins d'inondation. Huit ouvrages distributeurs permettent à l'Ibrahimieh de donner de donner de l'eau limoneuse à ces bassins pendant la crue (pl. V).

Canal Ibrahimieh entre Assiout et Dérout. — Le canal Ibrahimieh a été construit par le khédive Ismaïl et terminé en 1873 ; il part du kilomètre 423 du Nil, auprès de la ville d'Assiout, sans ouvrage de tête. La distribution des eaux pour l'arrosage ne commence qu'à Dérout, au kilomètre 62. Jusqu'à ce point, le canal Ibrahimieh n'est vraiment qu'un canal d'amenée alimentant seulement quelques pompes à vapeur installées sur ses bords. Les terres situées de chaque côté de ce tronçon sont d'ailleurs généralement aménagées pour la culture par inondation et ont leur fourniture d'eau indépendante.

Le tracé suit d'assez près les bords du Nil. Théoriquement, le plafond a une largeur de 40 mètres et les talus sont inclinés à 2 de base pour 1 de hauteur ; mais le canal, dans ce bief, étant pendant la crue une véritable rivière à courant rapide qui entraîne de grandes quantités de sable et de limon, il

[1] Voir chapitre IX.

est difficile qu'il conserve entre ses berges limoneuses un profil bien stable. La drague y travaille presque continuellement pour maintenir la largeur normale, pour amener le niveau du plafond, à l'entrée, à la cote 42,30 m. au moment de l'étiage et pour régler la pente longitudinale à raison de 0,025 par kilomètre.

La cote moyenne des étiages étant 45 mètres, la profondeur d'eau dans le canal est alors 2,70 m. et le débit 56 mètres cubes par seconde. Mais la cote des plus basses eaux peut descendre à 44,57 m. (années 1889 et 1892) et le débit n'est plus alors que de 26 mètres cubes à 30 mètres cubes pas seconde ; elle s'est aussi élevée certaines années (1897) à 45,66 m. et le débit fut alors de 83 mètres cubes par seconde avec une profondeur d'eau de 3,36 m. Dans tous les cas, le débit d'étiage dépend pour une grande part de la bonne exécution des dragages.

Le niveau des terrains de culture aux abords de la prise est à la cote 51,80 m. au-dessus du niveau de la mer ; le plafond du canal est donc à 9,50 m. et le niveau des basses eaux à 6,80 m. au-dessous du niveau du sol ; mais cette différence diminue rapidement avec la distance, la pente du canal étant seulement de 0,025 m. tandis que celle de la vallée est 0,08 m.

Les hautes eaux, à la prise, ont une cote moyenne de 51,75 m., une cote maxima de 52,75 m. (année 1887) et une cote minima de 50,64 m. (année 1889). La profondeur d'eau en crue est donc en moyenne de 9,45 et monte parfois à 10,45 m., mais elle ne se maintient pas tout le long du bief ; car, par suite des appels d'eau qui se produisent à l'aval, à cette époque de l'année, tant par le remplissage des bassins d'inondation que par les besoins de l'irrigation, la pente de la surface s'élève jusqu'à 0,08 m. à 0,10 m. par kilomètre. Le débit moyen, en hautes eaux, est de 740 mètres cubes par seconde ; en 1888, il s'est élevé jusqu'à 980 mètres cubes. Une grande partie de ce volume peut retourner au Nil par le déversoir placé à l'extrémité aval de ce bief qui peut débiter en hautes eaux 400 mètres cubes par seconde.

Au kilomètre 62 se trouvent les premiers ouvrages de distribution du canal Ibrahimieh ; ils sont groupés à côté les uns des autres au nombre de six (fig. 3).

Sur la rive droite :

1° Un déversoir destiné à renvoyer au Nil le trop plein des eaux du tronc principal.

Cet ouvrage se compose de cinq ouvertures de 3 mètres et d'une écluse inutilisée de 8,50 m. de largeur sur 34 mètres de longueur. Le seuil de ce déversoir est à la cote 42,96 m. ; la cote moyenne du plan d'eau d'étiage étant 43,45 m., le seuil se trouve ainsi à 0,49 m. au-dessous de ce niveau.

2° L'ouvrage de prise du canal Sahelieh, composé de deux arches de

3 mètres avec le seuil à la cote 40,91 m., soit à 2,54 m. au-dessous du niveau normal d'étiage.

Le canal Sahelieh arrose sur 40 kilomètres environ de longueur les terres comprises entre le Nil et le canal Ibrahimieh; il a 8 mètres de largeur au plafond et est muni de plusieurs ouvrages de retenue.

Sur la rive gauche :

3° La prise du bassin de Delgaoui, composée de deux arches de 3 mètres avec le seuil à la cote 42,75 m. Cet ouvrage a pour objet de donner de

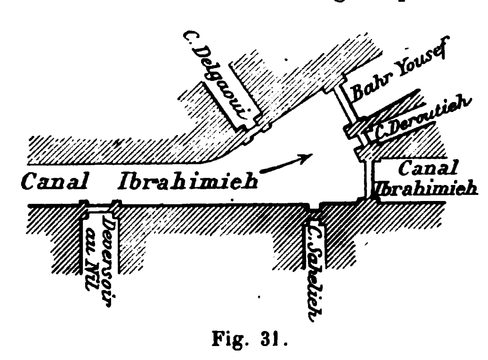


Fig. 31.

l'eau d'inondation à quelques bassins situés sur la rive gauche du Bahr Yousef.

En travers même du canal :

4° A gauche, la prise du Bahr Yousef, comprenant cinq arches de 3 mètres, avec écluse de navigation de 8,50 m. de largeur; le seuil de l'ouvrage est à la cote 39,31 m., soit à 4,14 m. au-dessous du niveau normal d'étiage.

5° Au milieu, la prise du canal Déroutieh, composée de trois arches de 3 mètres avec seuil à la cote 40, 11 m., soit à 3,34 m. au-dessous du niveau normal d'étiage. Ce canal, qui a 70 kilomètres de longueur donne l'eau d'irrigation entre le canal Ibrahimieh et la digue *Mohit*, et, en temps de crue, l'eau d'inondation à plusieurs bassins situés au delà de cette digue.

6° A droite, l'ouvrage régulateur du canal Ibrahimieh lui-même, qui se compose de sept arches de 3 mètres avec écluse de 8,50 m. de largeur. Le seuil de l'ouvrage est à la cote 39,31 m., soit à 4,14 m. au-dessous du niveau d'étiage.

A Dérout, le niveau moyen d'étiage, qui est 43,45 m., se trouve à 1,50 m. environ au-dessous des terres cultivables. Quant aux hautes eaux, on en règle l'écoulement de façon à ce qu'elles ne dépassent pas, en ce point, le niveau des couronnements des ouvrages qui est 47,51 m.

Canal Ibrahimieh en aval de Dérout. — A partir de Dérout, le canal Ibrahimieh se prolonge en suivant le Nil jusqu'à quelque distance au nord de Benisouef, sur 206 kilomètres.

La largeur du plafond est de 30 mètres à l'origine; elle n'est plus que de 20 mètres à Minieh, c'est-à-dire à 65 kilomètres en aval de Dérout et elle diminue progressivement jusqu'à l'extrémité (fig. 32). La pente moyenne est de 0,06 par kilomètre sur 140 kilomètres; elle est ensuite de 0,07.

Quatre ouvrages régulateurs sont établis à des distances variables, sui-

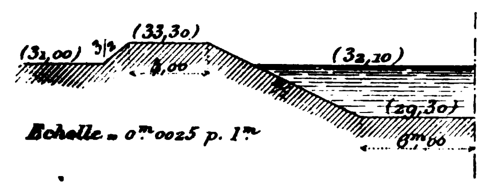


Fig. 32. — Section du canal Ibrahimieh au kilomètre 215.

vant les indications du profil en long de la figure 33. Les trois premiers sont munis d'écluses non utilisées. Immédiatement en amont de ces quatre

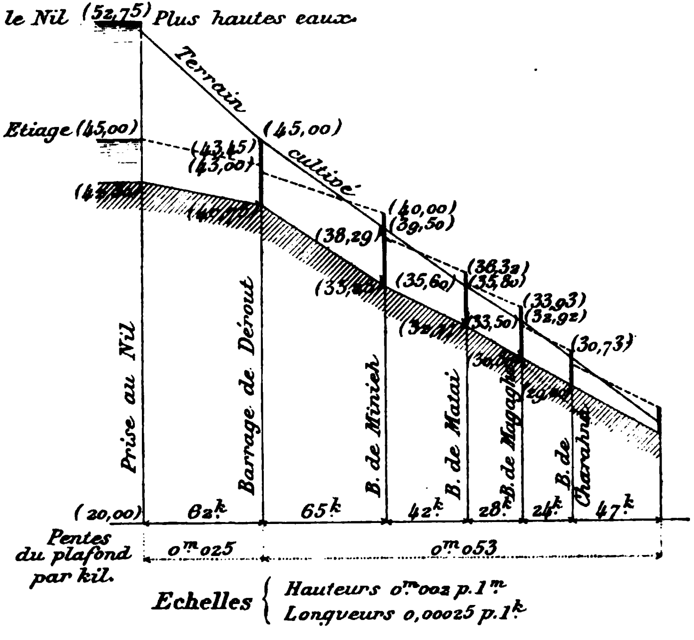


Fig. 33. — Profil en long du canal Ibrahimieh.

barrages sont établies les prises des principaux canaux de distribution.

Trois déversoirs au Nil sont échelonnés le long du canal :

L'Ibrahimieh, sauf en certains points peu nombreux où il suit quelques portions d'anciens canaux, est très régulier dans son tracé; il coule parallèlement au Nil et ne laisse jamais entre le fleuve et lui plus de 5 kilomètres de distance.

Au moment des plus basses eaux, c'est-à-dire quand la cote à Assiout

est 45 mètres, le régime du canal est réglé comme l'indique le profil en long de la figure 33. Les eaux arrivent au niveau des terres à peu près au kilomètre 102 à partir de la prise. Toutes les terres en aval de ce point sont donc en tout temps arrosées par le canal sans machines élévatoires.

En hautes eaux, la cote à l'aval des ouvrages de Dérout est fixée à 44,50 au maximum, soit 1,50 m. seulement au-dessus du niveau d'étiage, la partie inférieure du canal n'étant pas disposée pour recevoir plus d'eau ; et le niveau est alors maintenu dans le bief d'aval à des hauteurs variant de 0,50 m. à 1,50 m. au-dessus du niveau des basses eaux, suivant les endroits.

Bahr Yousef. — Le bahr Yousef sert pendant la crue au remplissage d'une grande chaîne de bassins disposés sur ses deux rives, et ensuite à la

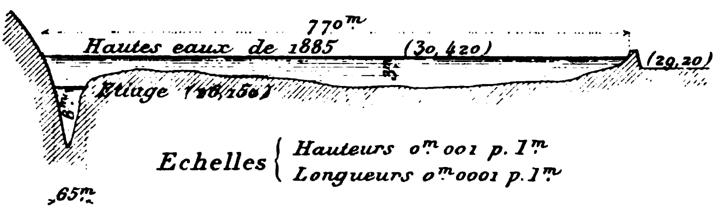


Fig. 34. — Section du Bahr Yousef au bassin Ninah.

vidange générale de tous les bassins qui se trouvent dans les provinces d'Assiout, de Minieh et de Benisouef. Pendant l'étiage, il arrose, le long de son cours, une surface de 6 à 8 000 hectares au moyen de machines élévatoires. Enfin, en toute saison, il porte l'eau nécessaire aux 128 600 hectares cultivés par irrigation dans la province du Fayoum. L'eau entre dans cette province par l'ouvrage régulateur d'el Lahoun situé à 276 kilomètres de l'ouvrage de prise du Bahr Yousef.

Le Bahr Yousef est, non pas un canal artificiel, mais un véritable cours d'eau. Tandis que le canal Ibrahimieh poursuit son tracé dans le voisinage du Nil, c'est-à-dire en suivant les points hauts de la vallée, le Bahr Yousef s'éloigne vers l'ouest dès son origine et développe son lit sinueux et irrégulier au pied des pentes qui longent le désert, c'est-à-dire dans les points bas de la vallée dont l'altitude est d'un mètre environ inférieure au niveau des terres hautes rapprochées du Nil (voir pl. V).

Aucun ouvrage régulateur[1] n'est établi sur le Bahr Yousef entre l'ouvrage de Dérout et celui d'El Lahoun ; il coule librement sur toute sa longueur. Son lit a une largeur de 50 à 60 mètres en basses eaux et de 5 à 600 mètres en hautes eaux ; son débit maximum peut atteindre 3 à 400 mètres cubes par seconde (voir profil en travers, fig. 34).

[1] Cette situation est celle qui existait avant les travaux en cours pour la suppression des bassins d'inondation situés sur la rive droite du Bahr Yousef (voir chap. IX).

Distribution des eaux. — En amont de Dérout, le canal Ibrahimieh reçoit, sans aucun moyen de réglementation, toutes les eaux que lui apporte le fleuve. Il lui en restitue le trop plein par le déversoir établi en ce point. Là s'effectue en outre la répartition des eaux entre la prise d'alimentation du bassin de Delgaoui, le Bahr Yousef pour le remplissage des bassins qui en dépendent et pour l'irrigation du Fayoum, les trois canaux Ibrahimieh, Déroutieh et Sahelieh qui servent surtout à l'irrigation, mais dont les deux premiers apportent également un tribut à l'alimentation de la chaîne des bassins voisins.

Dans les années de basses crues, cette double alimentation présente certaines difficultés et il peut arriver alors qu'on ferme pendant quelques jours tous les ouvrages de Dérout, sauf ceux du bassin Delgaoui et du Bahr Yousef, de façon à réserver pour le remplissage des bassins toute l'eau qui est amenée par le bief amont du canal Ibrahimieh. C'est ce qui a été fait pendant vingt jours en octobre 1899 pour sauver les cultures d'inondation ; mais le cas est très rare.

Une fois la crue passée, et tant que la prise du canal Ibrahimieh donne une quantité d'eau suffisante pour les besoins du Bahr Yousef et des canaux d'irrigation en aval de Dérout, la réglementation des eaux ne présente aucune difficulté et on laisse échapper par le déversoir du kilomètre 62 l'eau qui n'est pas nécessaire en aval. Ce déversoir est fermé lorsque, par suite de la baisse du Nil, le débit du canal n'est plus supérieur aux nécessités de l'arrosage, soit dans les mois de mars, avril ou mai suivant l'état du fleuve. On adopte alors pour la répartition des eaux à Dérout la règle suivante : on donne au Bahr Yousef le quart du débit total pour l'arrosage du Fayoum, et on augmente ce débit de 100 000 mètres cubes par jour pour les machines élévatoires établies le long de son cours. En réalité, il faut au moins 200 000 mètres cubes pour alimenter ces machines ; la différence est fournie au Bahr Yousef par les eaux d'infiltration [1].

Si l'on prend, pour le tronc supérieur du canal Ibrahimieh, un débit d'étiage de 60 mètres cubes par seconde, qui correspond à peu près à la cote 45,50 m. à la prise, la répartition à Dérout donnera à peu près les chiffres suivants :

Pour le canal Ibrahimieh	37,5	mètres cubes.
— Bahr Yousef	16,0	—
— canal Deroutieh	4,0	—
— canal Sahelieh	2,5	—
Total	60,0	mètres cubes.

[1] Ces sources qui sont abondantes lorsque le Nil est encore haut, c'est-à-dire aux mois de mars et d'avril et qui peuvent alors fournir à l'extrémité aval un débit supplémentaire total de 10 à 12 mètres cubes par seconde (d'après des mesurages faits en 1889) ne donnent plus au moment de l'étiage que le quart de ce volume et même moins après les crues faibles.

Pendant la crue, avec un débit à la prise du canal Ibrahimieh de 600 mètres cubes, les débits des divers canaux à Dérout sont réglés comme il suit :

Canal Ibrahimieh, 150 mètres cubes ;

Bahr Yousef, 300 mètres cubes ;

Canal Deroutieh, 50 mètres cubes.

Canal Sahelieh, 25 mètres cubes ;

Le reste du débit est reversé au Nil par le déversoir de Dérout ou envoyé dans les bassins par la prise de Delgaoui.

Agriculture. — La prise du canal Ibrahimieh dessert pour l'irrigation 106 000 hectares de terres situées le long de son cours, et, en outre, par le Bahr Yousef, 128 600 hectares irrigables au Fayoum, soit, en tout, 234 600 hectares. Elle devrait donc débiter pendant l'étiage une quantité d'eau minima de :

$$0{,}247 \text{ l.} \times 234600 = 57946 \text{ litres, soit 58 mètres cubes par seconde.}$$

On a constaté que souvent ce chiffre n'est pas atteint. On ne peut alors se tirer d'affaire que par un bon système de rotations.

En ne considérant que la région de l'Ibrahimieh proprement dite, qui s'étend dans les provinces d'Assiout, de Minieh et de Benisouef (nous reviendrons ensuite sur le Fayoum), les cultures d'été y occupent en moyenne 55 000 hectares, soit à peu près la moitié de la surface irrigable, et elles comprennent 21 000 hectares de canne à sucre, et 10 000 hectares de maïs d'été. Le coton se cultive surtout dans la province la plus septentrionale, celle de Benisouef.

En outre, pendant la crue, on y cultive du maïs ou du dourah sur 40 000 hectares.

Enfin, pendant l'hiver[1], on y fait :

8 000	hectares	de blé.
13 000	—	de fèves.
4 900	—	d'orge.
40 000	—	de fourrages.
65 000	hectares.	

On recueille donc chaque année 160 000 hectares de récoltes sur une surface de terre de 106 000 hectares. La superficie des cultures est chaque année supérieure de 50 p. 100 à celle des terres. Dans le total des superficies cultivées annuellement, les récoltes d'été entrent pour 34 p. 100, les récoltes nili pour 45 p. 100 et les récoltes d'hiver pour 40 p. 100. Ces proportions se rapprochent beaucoup de celles que nous avons relevées pour le Delta.

[1] Chiffres donnés par M. Willcocks dans son ouvrage, « Egyptian Irrigation », p. 138.

PROVINCE DU FAYOUM[1]

Le Fayoum ne reçoit l'eau du Nil qu'après qu'elle a parcouru les 62 kilomètres du canal Ibrahimieh compris entre Assiout et Dérout et les 276 kilomètres du Bahr Yousef qui s'étendent de Dérout à El Lahoun, soit en tout 338 kilomètres (voir pl. V).

La cote d'altitude du sol, qui est de 26 mètres dans la vallée du Nil à El Lahoun, tombe à 22,50 m. à Medinet-el-Fayoum et jusqu'à 43 mètres environ au-dessous du niveau de la mer sur les bords du lac Kéroun. Ce lac est sans issue ; il recueille le trop-plein des eaux d'arrosage de la province.

A son entrée dans le Fayoum, le Bahr Yousef est contrôlé par deux ouvrages régulateurs distants de 80 mètres. Le premier, construit en 1838 par Linant pacha et modifié depuis, comprend trois arches de trois mètres d'ouverture ; le second, très ancien, a aussi trois arches ; celui d'amont a été établi par précaution au cas où celui d'aval viendrait à manquer. Une forte digue empêche les eaux du bassin de Kocheicha, qui peuvent s'élever à la cote 27,80 m., d'envahir le Fayoum.

Un autre ouvrage régulateur de trois arches a été construit, en 1898, sur le Bahr Yousef à 12 kilomètres d'El Lahoun, en aval de la prise du canal El Selah qui arrose le contour nord du Fayoum. Vers le kilomètre 16, les deux canaux Garak et Nezlah se détachent sur la rive gauche et longent la limite sud de la province ; le premier donne de l'eau dans une sorte de bassin entièrement fermé qui ne communique avec le Fayoum que par une passe étroite et qui s'appelle bassin el Garak. Puis le Bahr Yousef poursuit son cours jusqu'au kilomètre 24, à Medinet-el-Fayoum, d'où partent quatorze canaux principaux dans toutes les directions.

Ces derniers canaux peuvent être divisés en trois classes :

1° Des canaux courts et à niveau élevé, qui arrosent les terres voisines du Bahr Yousef et de Medinet-el-Fayoum s'étendant approximativement au-dessus de la cote 18 mètres.

2° Des canaux de longueur moyenne, qui arrosent les terres situées entre les cotes 18 mètres et 10 mètres.

3° De longs canaux, creusés en ravins dans leur cours supérieur, et arrosant les terres situées au-dessous de la cote 10 mètres dans la région du lac Kéroun.

Cette disposition des canaux donne de grandes facilités pour la répartition des eaux.

Un des avantages des longs canaux est que, dans leur partie supérieure,

[1] Se reporter pour la topographie du Fayoum aux pages 45 et suivante.

ils coulent tellement au-dessous du niveau du sol (jusqu'à 15 mètres), qu'on ne peut y utiliser leurs eaux pour l'arrosage qu'au moyen de machines élévatoires assez puissantes, qui ne peuvent être établies sans autorisation et dont le débit est limité de façon à ce que les terres d'aval puissent recevoir toute l'eau qui leur est nécessaire et ne soient pas affamées par les terres d'amont.

La répartition des eaux entre les branches d'un même canal se fait au moyen de déversoirs dont les longueurs sont proportionnées aux besoins.

La cote des eaux du Bahr Yousef, en aval des ponts d'El Lahoun, est de 24 mètres environ pendant la crue et de 22,50 m. en étiage.

Le débit moyen est de 15 mètres cubes par seconde pendant l'étiage, 35 mètres cubes pendant les eaux moyennes d'hiver et il peut atteindre 95 mètres cubes en temps de crue.

La surface cultivable du Fayoum est de 128 600 hectares sur lesquels 22 000 hectares seulement reçoivent en moyenne des cultures d'été. Cette proportion est beaucoup moins forte que dans le Delta ou dans la région de l'Ibrahimieh par suite du faible débit disponible pour le Bahr Yousef dans cette saison.

D'après les statistiques du Ministère des Finances, pour l'année comprise entre le commencement des crues de 1897 et 1898, qui a été une bonne année moyenne, les récoltes du Fayoum ont été réparties comme il suit :

Cultures nili.		
Maïs, dourah	58 420 hectares.	
Riz	9 300 —	
Total		67 720 hectares.
Cultures d'hiver.		
Blé	22 470 hectares.	
Fèves	27 630 —	
Orge	9 490 —	
Fourrages et divers	39 660 —	
Total		99 250 hectares.
Cultures sefi.		
Coton	21 650 hectares.	
Canne à sucre	360 —	
Légumes	3 220 —	
Total		25 230 hectares.
Jardins		1 110 hectares.
Total général		193 310 hectares.

On a donc fait cette année-là 193 310 hectares de cultures sur 128 600 hectares de terres cultivables ; mais la proportion des cultures d'été n'entre dans ce chiffre que pour un cinquième environ de la surface cultivable.

Les terrassements nécessaires pour l'entretien des digues et canaux publics de la province s'élèvent en moyenne à 406 000 mètres cubes, dont 87 000 mètres cubes pour les digues et 319 000 mètres cubes pour le curage des canaux, ce qui, à raison de 0,32 fr. par mètre cube, représente une dépense annuelle de 130 000 francs, soit un peu plus de 1 franc par hectare cultivable.

En outre, pendant la crue, la corvée fournit 40 000 journées d'hommes à raison de 500 hommes en moyenne pendant quatre-vingts jours pour le gardiennage des digues et canaux, ainsi que pour la surveillance et la manœuvre des ouvrages d'art. En évaluant la journée d'homme à 1 franc, c'est encore une dépense de 40 000 francs par an, soit 0,31 fr. par hectare cultivable.

A ces dépenses, il faut ajouter les frais peu considérables d'entretien des ouvrages d'art.

STATISTIQUE DES MACHINES ÉLÉVATOIRES DE LA HAUTE ÉGYPTE ET DU FAYOUM

Comme la Basse Égypte, la Haute Égypte et le Fayoum mettent en action un grand nombre d'appareils élévatoires pour amener les eaux d'arrosage à la surface des terres[1].

Dans la Haute et la Moyenne Égypte, on compte 189 machines à vapeur représentant une force totale de 2 500 chevaux et réparties comme il suit :

Sur le Nil	121
Sur les canaux	6
Sur le canal Ibrahimieh	28
Sur le Bahr Yousef	34
Total	189

On y trouve en outre 23 195 norias ainsi réparties :

Sur le Nil	3 945
Sur les canaux	80
Sur le canal Ibrahimieh	410
Sur le Bahr Yousef	1 420
Sur les puits creusés dans les parties basses des bassins	17 540
Total	23 195

Une grande partie de ces norias (sakiehs) sert pour les cultures d'irrigation non permanente (cultures nabari et qedi) de la région des bassins.

Au Fayoum, il n'y a que 9 machines à vapeur représentant une force totale de 60 chevaux et 1 050 norias, dont un grand nombre est mis en mouvement par le courant même des canaux, assez rapide dans cette province pour être utilisé à cet usage.

[1] Les chiffres qui suivent sont extraits de l'ouvrage de M. Willcocks « Egyptian Irrigation ».

CHAPITRE VIII

DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT DES TERRES

Considérations générales. — Dispositions générales des canaux de drainage ; dépenses de construction et d'entretien. — Moyenne Égypte. — Fayoum. — Provinces à l'est de la branche de Damiette. — Provinces comprises entre les deux branches du Nil. — Province de Béhéra. — Dessèchement, assainissement et colmatage. — Colmatages dans le nord du Delta. — Dessèchement du lac d'Aboukir. — Défrichement du domaine de l'ouady Toumilat. — Amélioration des terres de Salakous. — Expériences d'assainissement faites dans la Basse Égypte par l'Administration des Domaines de l'État.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Après avoir pourvu aux moyens d'amener et de distribuer l'eau d'arrosage qui seule, sous le climat sec et chaud de l'Égypte, permet à la terre de produire des récoltes, le premier souci de l'ingénieur doit être d'évacuer loin des terrains cultivés les eaux surabondantes qui, leur travail de fertilisation accompli, n'ont pas été absorbées par le sous-sol, par l'évaporation ou par la végétation même. Le drainage des eaux usées est aussi nécessaire au maintien de la fécondité des terres qu'il est, dans les villes, indispensable à la salubrité. C'est là une loi naturelle d'ordre général. Tout organisme doit rejeter le surplus des aliments dont il s'est assimilé les parties nutritives, sous peine de tomber en pourriture et de se détruire lui-même. Ainsi dans les pays d'irrigation, la terre, mère nourricière des peuples qui lui donnent, au prix de patients efforts, l'eau nécessaire à son travail de gestation, deviendra bientôt stérile, malfaisante pour l'homme comme pour les végétaux, si une main attentive et expérimentée ne la débarrasse promptement des résidus de l'arrosage.

Il est de tradition chez les ingénieurs italiens, qui ont fait de si remarquables travaux hydrauliques dans la vallée du Pô, que les ouvrages destinés à écouler les eaux de colature doivent être exécutés avant les ouvrages d'amenée des eaux d'irrigation.

En Égypte, deux raisons principales obligent les ingénieurs à apporter un soin spécial au drainage des terres.

En premier lieu, le sol est composé, sur une épaisseur toujours forte et

souvent considérable, d'un limon argileux qui, tout en se laissant imprégner assez facilement, n'est cependant pas doué d'une puissance de perméabilité suffisante pour que les eaux répandues à sa surface s'y infiltrent rapidement jusque dans les couches inférieures. Les différences très sensibles que l'on constate aux différentes époques de l'année entre les niveaux du Nil et ceux de la nappe souterraine alimentée par le fleuve, ainsi que les retards qui existent dans les oscillations de la nappe souterraine par rapport à celles du Nil, sont des preuves de la lenteur avec laquelle se propage le mouvement des eaux dans l'intérieur du sol et de la résistance que sa ténacité oppose à leur passage.

En second lieu, les eaux d'arrosage qui ont pénétré dans le sol, si on ne leur a pas ménagé des moyens d'évacuation, reparaissent plus loin, par l'effet des lois naturelles d'écoulement, à la surface du terrain, dans les points situés plus bas que leur niveau d'émission. Ces points d'affleurement sont déterminés par les pentes longitudinales et transversales de la vallée d'alluvion, et, quand ces pentes sont faibles et régulières, les eaux de colature envahissent des régions étendues. Or, en Égypte, la terre n'étant pas lavée par les pluies, les eaux qui la traversent se chargent de sels solubles qui, sous l'action d'une forte évaporation atmosphérique, forment une couche blanchâtre d'efflorescences, destructrices de toute fertilité. Le même phénomène est constaté dans tous les deltas des fleuves des pays chauds et secs.

Ces dépôts salins se produisent le long des canaux dans lesquels les eaux coulent à un niveau supérieur à celui des terrains avoisinants, quand ceux-ci n'ont pas de rigoles de drainage. Ils se retrouvent partout où les eaux de colature n'ont pas un écoulement suffisant, naturel ou artificiel. Ils couvrent enfin de vastes espaces dans les terrains bas qui entourent les lacs situés au nord du Delta ainsi qu'aux abords du lac Keroun, au Fayoum. Deux ou trois saisons de sursaturation d'une terre, par des eaux remontant du sous-sol, suffisent pour abîmer profondément cette terre, dont l'assainissement oblige ensuite à des opérations de lavage répétées plusieurs années et à des travaux spéciaux de drainage.

Quoique des canaux d'évacuation des eaux de colature soient utiles partout en Égypte, ils ne sont pas partout nécessaires. Considérons, par exemple, les terres situées auprès de la pointe du Delta, entre les deux branches du Nil ; elles sont élevées de 6 à 7 mètres au-dessus des basses eaux du fleuve. Grâce à cette forte différence de niveau, un appel des eaux surabondantes d'irrigation se produit à travers le sol vers le lit du Nil et débarrasse ainsi les cultures de tout excès d'humidité. Là, le drainage est évidemment moins indispensable que dans les endroits où le plan d'eau d'étiage du fleuve est plus rapproché de la surface des terres. Et cependant, même

dans cette partie du Delta, les grands canaux d'arrosage dont les eaux coulent au niveau élevé produit par le Barrage ne tarderaient pas à donner lieu à des infiltrations détériorantes le long de leur cours, si on n'avait l'attention d'en réduire de temps en temps le niveau de façon à attirer vers leur lit les eaux qui imprègnent le sol. L'abaissement du plan d'eau des canaux après la crue, pendant plusieurs semaines, produit à ce point de vue de bons résultats; des rotations régulières ont même été pratiquées pendant la crue, dans le but d'empêcher la sursaturation des terres.

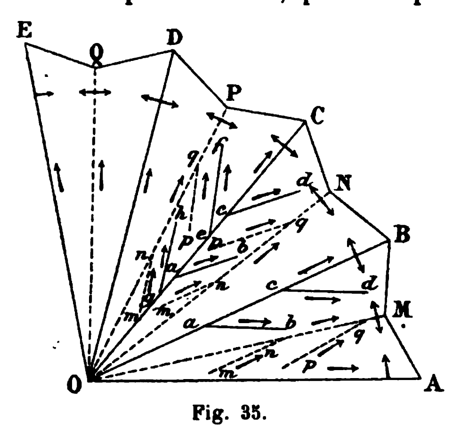


Fig. 35.

On peut se rendre compte assez exactement des conditions d'écoulement des eaux à la surface et dans le sous-sol, principalement dans le Delta, par le croquis schématique de la figure 35. Supposons une sorte d'éventail non entièrement déployé dont le centre O serait à un niveau un peu plus haut que le contour. Les plis de l'éventail formeront des arêtes plus relevées, OA, OB, OC.., entre chacune desquelles seront des arêtes plus basses OM, ON, OP... Les arêtes hautes représentent soit les branches actuelles du Nil, soit les anciennes branches du fleuve et les anciens canaux d'inondation remplissant aujourd'hui le rôle de canaux d'irrigation. Tous ces cours d'eau ont exhaussé le sol sur leurs bords en raison du limon déposé dans leurs débordements annuels. Ce sont là les lignes naturelles d'où doivent partir toutes les prises d'irrigation *ab*, *cd*... Le surplus des eaux d'arrosage, sur le sol et dans le sous-sol, descendra d'autre part vers les arêtes basses OM, ON, OP... qui les recueilleront pour les écouler vers les points bas du pourtour, où elles s'accumuleront pour former des lacs ou d'où elles seront évacuées par des procédés appropriés. Les arêtes basses OM, ON, OP... formeront donc les lignes naturelles de colature auxquelles devront aboutir les canaux et rigoles de drainage *mn*, *pq*...

Ce n'est là d'ailleurs que la représentation figurée d'une topographie idéale et d'un réseau théorique de canaux et de drains. Il est bien évident qu'on n'a pas pu s'y tenir rigoureusement dans la pratique et qu'on a été amené souvent à couper les lignes naturelles de drainage par des canaux d'irrigation, soit pour réunir entre elles de grandes artères qui doivent se prêter un mutuel appui, soit pour utiliser d'anciennes lignes d'eau destinées à d'autres usages; mais il résulte toujours de ces dérogations aux lois naturelles des complications dans l'aménagement des canaux et dans leur fonctionnement.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES DES CANAUX DE DRAINAGE; DÉPENSES DE CONSTRUCTION ET D'ENTRETIEN

Les eaux de colature sout conduites en dehors des terres irriguées par un réseau de rigoles se déversant dans des canaux secondaires qui aboutissent aux artères principales de drainage.

On calcule que le débit d'un canal de drainage doit être égal au tiers du débit nécessaire à l'irrigation de la région desservie.

La pente des drains peut être très réduite, puisqu'ils ne servent à évacuer que des eaux claires; mais un courant trop faible amène un prompt envahissement du plafond et des talus par des végétations de roseaux et d'autres plantes aquatiques, qui empêchent tout écoulement et nécessitent des curages fréquents et coûteux.

Cette pente est commandée, d'une part, par le niveau des terres à assainir et, d'autre part, par le niveau du réservoir, mer ou lac, dans lequel se déverse le canal, et la marge dont on dispose ainsi est souvent assez petite pour que le tracé des grandes lignes de drainage présente de grosses difficultés.

Pour que le drainage soit assuré dans de bonnes conditions, il faut que le plan d'eau, dans les canaux et rigoles d'écoulement, soit maintenu notablement au-dessous des terres cultivées. On a reconnu en Italie, dans le delta du Pô, que, lorsque le plan d'eau de la nappe souterraine est au maximun de 0,50 m. au-dessous de la surface du sol, les cultures se font dans de très bonnes conditions[1]. Or, dans bien des cas en Égypte, on ne peut atteindre ce résultat, étant données les faibles pentes de la vallée du Nil, par l'effet de la seule gravitation, et on est alors obligé d'avoir recours aux machines élévatoires pour se débarrasser utilement des eaux de drainage.

Dans tous les territoires où prévaut le système de l'inondation des terres pendant la crue, la question du drainage n'existe pour ainsi dire pas. La seule précaution à prendre est de réunir par des chenaux les points bas des bassins, de façon à conduire les eaux qui s'y rassemblent à la fin de la vidange jusqu'aux ouvrages ordinaires de déversement. Les terres ne sont, en effet, couvertes d'eau que pendant une très faible partie de l'année et, comme elles sont bien au-dessus du niveau d'étiage du Nil ou des cours d'eau voisins, elles s'assèchent naturellement par infiltration à travers le sous-sol.

Dans les régions d'irrigation, on choisit, suivant les dispositions des lieux, les points d'évacuation des eaux de colature; tantôt elles sont rejetées

[1] Willcocks. Rapport sur l'irrigation pérenne, 1894.

dans le Nil ou dans un autre cours d'eau, le Bahr Yousef, par exemple, pour la Moyenne Égypte; tantôt elles se déversent dans des lacs, ainsi au Fayoum et sur le pourtour du Delta ; tantôt on les écoule dans la mer elle-même.

Jusqu'en 1885, le gouvernement égyptien s'était plus préoccupé d'améliorer les conditions d'amenée des eaux d'irrigation que de pourvoir à l'évacuation des eaux de colature.

A partir de cette époque, une grande impulsion fut donnée aux travaux d'irrigation par les ingénieurs anglais qui prirent alors la direction du Ministère des Travaux Publics, et cependant on commença par ne consacrer aux travaux de drainage que des sommes relativement peu importantes. On s'attachait surtout, dans cet ordre d'idées, à empêcher les terres basses du Delta, avoisinant les lacs, d'être submergées par l'écoulement des eaux de crue qui arrivaient trop abondantes dans les biefs inférieurs des grands canaux. Ce résultat fut obtenu naturellement, en même temps que le perfectionnement de la distribution des eaux, par la construction de nombreux ouvrages régulateurs le long des canaux. Mais les travaux de drainage proprement dits n'avançaient qu'assez lentement et, comme les eaux d'irrigation étaient amenées en quantité de plus en plus grande dans les canaux pendant les mois d'étiage, il en résultait, pour les régions basses, une situation de plus en plus difficile; le sel envahissait progressivement des terres autrefois cultivables, sinon très fertiles.

Pendant la période de 1885 à 1895, on ne dépensait guère que 1 000 000 de francs environ par an pour l'amélioration et l'entretien des drains dans toute la Basse Égypte. On avait cependant, pendant cette période, à peu près assaini 580 000 hectares environ, pour une dépense totale de 10 000 000 de francs et au moyen de 200 kilomètres de canaux publics de drainage; quelques-uns de ces drains étaient d'anciens chenaux dont on avait rectifié les sections et les pentes ; certains autres étaient des biefs inférieurs de canaux d'arrosage utilisés comme colateurs; d'autres enfin étaient entièrement construits à neuf.

D'après le rapport du Ministère des Travaux Publics de 1893, les dépenses de drainage, cette année-là, se répartissaient comme suit :

Construction de nouveaux drains.	680 000 francs.
Amélioration d'anciens chenaux	220 000 —
Réparations et entretien.	200 000 —
Total	1 100 000 francs.

La construction de nouveaux drains comporte naturellement une grande quantité d'ouvrages tels que régulateurs, siphons, aqueducs, ponts, etc., etc.

C'est surtout à partir de 1896 que les ressources mises à la disposition

du Ministère des Travaux Publics permirent de donner une rapide extension aux travaux de drainage par la construction de grands canaux d'écoulement, et d'envisager l'exécution d'un vaste plan d'ensemble comprenant la Basse Égypte et le Fayoum, ainsi que certains territoires de la Moyenne Égypte plus ou moins détériorés par l'infiltration des eaux du canal Ibrahimieh.

Dans la période de 1897 à 1901, soit pendant cinq ans, on dépensa ainsi environ 27 500 000 francs, rien que dans la Basse Égypte, pour y construire 1 062 kilomètres de drains neufs et pour remanier et améliorer 1 084 kilomètres d'anciens chenaux de drainage.

De 1885 à 1901, il a été dépensé pour construction et amélioration de drains dans toute l'Égypte, mais surtout dans la Basse Égypte (car les drains de la Haute Égypte ne représentent pas plus de 300 kilomètres), 38 000 000 de francs sur une longueur totale de drains de 4 200 kilomètres, ce qui représente environ 9 000 francs par kilomètre de drains [1].

Il est difficile de conclure de ces chiffres la somme qu'il y a lieu de dépenser en Égypte par hectare de terre à drainer, car les travaux ne sont pas encore complets ; ils ont été poussés activement dans la région des terres basses qui entourent le Delta, mais ils n'ont pas encore été entièrement étendus jusqu'aux terres hautes [2]. La plus grande dépense est faite cependant. Répartie sur les 1 400 000 hectares de la Basse Égypte, elle représente à peu près une moyenne de 25 francs par hectare cultivé. Elle ne s'élèvera probablement pas beaucoup au-dessus de 26 à 27 francs. Il faut remarquer d'ailleurs que l'exécution des grands travaux de drainage a contribué à augmenter d'au moins 250 000 hectares la surface cultivable de la Basse Egypte.

Les frais d'entretien des canaux de drainage ne sont pas encore très bien élucidés; pour le moment, on n'y dépense pas assez d'argent. Les ingénieurs d'irrigation du Ministère des Travaux Publics estiment qu'il faudrait y consacrer 400 francs par kilomètre et par an.

En outre des travaux de drainage et d'assainissement exécutés par le gouvernement, celui-ci ainsi que certains propriétaires fonciers procèdent, sur quelques territoires favorablement placés, à des défrichements par colmatage au moyen des eaux limoneuses de la crue.

MOYENNE ÉGYPTE

Rappelons que la Moyenne Égypte se compose de deux zones : l'une

[1] Le prix des déblais est en moyenne de 0,40 fr. par mètre cube pour les terrassements et 0,90 m. pour les dragages.

[2] Les terres mêmes les plus fertiles et les plus hautes ont une tendance, par suite de l'évapo-

de six kilomètres environ de largeur, en bordure du Nil, est arrosée toute l'année par le canal Ibrahimieh ; l'autre, séparée de la première par une digue longitudinale (digue *Mohit*) occupe le reste de la vallée ; elle a de six à dix kilomètres de largeur, est cultivée en bassins d'inondation et reçoit l'eau de la crue, partie par des dérivations du canal Ibrahimieh, partie par le Bahr Yousef, partie par cinq canaux transversaux venant directement du Nil et aboutissant aux bassins après avoir franchi le canal Ibrahimieh, au moyen de siphons, et la digue Mohit, au moyen de ponts-barrages (voir pl. V) [1].

Les terres situées entre le canal Ibrahimieh et le Nil sont des terres hautes qui se drainent naturellement par le sous-sol vers le Nil pendant la plus grande partie de l'année.

Quant à celles qui sont entre le canal Ibrahimieh et la zone des bassins, elles n'ont eu pendant longtemps aucun moyen d'évacuation des eaux de colature ; il en est résulté, principalement pour les parties les plus basses situées le long de la digue *Mohit*, une situation fâcheuse causée par des infiltrations qui ruinaient le sol ou en diminuaient la fertilité.

Après qu'on eût creusé les cinq canaux transversaux d'alimentation directe des bassins par le Nil, qui coupent toute la zone irriguée, on eut l'idée de la drainer, au moyen de ces canaux, pendant la saison des basses eaux. On construisit à cet effet deux longues lignes de canaux de drainage parallèles au canal Ibrahimieh, aboutissant à ces cinq canaux et empruntant leur lit pour se déverser dans le Nil.

Ces canaux s'écoulent dans le fleuve pendant neuf mois de l'année ; mais, pendant la crue, ce n'est plus possible, car ils sont alors pleins d'eau à un niveau élevé pour le remplissage des bassins. A ce moment, la communication des colateurs avec ces canaux est coupée et le drainage est totalement arrêté.

Toutefois, on peut encore pendant quelque temps, au commencement de la crue, lancer des eaux de drainage dans certains points du Bahr Yousef dont le niveau reste assez bas pour les recevoir par gravitation ; elles y sont dirigées au moyen de deux ouvrages percés dans la digue *Mohit*.

Le drainage de toute cette région ne peut être établi d'une façon complète et satisfaisante que par l'installation de pompes permettant d'élever les eaux d'évacuation, à l'époque de la crue, des drains longitudinaux dans les cinq canaux transversaux.

Des mesures sont déjà prises dans ce sens, en raison de la grande exten-

ration des eaux irrigation, à se saler ; il n'est pas douteux qu'on remédierait à cet inconvénient par la construction de rigoles de drainage entraînant l'eau dans le sous-sol.

[1] Voir page 94 et suivantes, page 175 et suivantes.

sion qu'on va donner à la culture par irrigation dans la Moyenne Égypte. Dans ce but, on est en train de construire en tête de l'un des canaux, le canal Etsa, une usine élévatoire. Le canal Etsa a 22 mètres de largeur au plafond et franchit le canal Ibrahimieh par un siphon ayant cinq arches de 3 mètres. L'usine élévatoire comprendra quatre pompes centrifuges de 1 mètre de diamètre, mues par quatre machines compound verticales pouvant débiter 8 mètres cubes par seconde avec une élévation de 4,50 m. Ce canal, qui ne sera plus employé au remplissage des bassins, servira à évacuer dans le Nil pendant toute l'année, par gravitation pendant les basses eaux, et au moyen des pompes, pendant la crue, le drainage de la province d'Assiout et d'une partie de la province de Minieh.

En outre, le régime du Bahr Yousef étant en voie de transformation par suite de la construction de plusieurs ponts-barrages établis le long de son cours, une autre partie des eaux de drainage sera jetée dans son lit par un long canal aboutissant dans le bassin Sultani, vers l'extrémité nord de la région arrosée par le canal Ibrahimieh [1].

FAYOUM

Le drainage du Fayoum est facile en raison des pentes assez fortes du terrain vers le lac Keroun. Ce lac, qui est le réceptacle naturel des eaux de colature, a une surface d'environ 200 kilomètres carrés. Par suite de la suppression d'anciens bassins d'inondation, qui ont été transformés en terres d'irrigation, et qui se vidaient dans le lac Kéroun, par suite aussi d'une meilleure utilisation des eaux d'arrosage dont une trop grande partie allait autrefois se perdre sans utilité dans le même lac, son niveau maximum annuel s'est abaissé de 4,20 m. depuis 1885. Le plan d'eau varie d'ailleurs suivant la saison ; il baisse généralement du 1er mars au 31 octobre, monte du 1er novembre au 31 janvier et reste stationnaire en février; ce mouvement est en rapport avec les quantités d'eau consacrées à l'irrigation aux diverses époques de l'année et aussi avec l'intensité de l'évaporation. Dans son ouvrage sur le Fayoum et le lac Mœris, le major Brown calcule que l'évaporation enlève, en année moyenne, une tranche d'eau de 2,36 m. à la surface du lac.

Au 1er mars 1902, le Keroun affleurait à 44,19 m. au-dessous du niveau de la mer, soit à 69 mètres au-dessous du niveau des terres au pont d'El Lahoun, qui marque l'entrée dans le Fayoum du Bahr Yousef, source unique d'alimentation de la province.

Les canaux d'arrosage du Fayoum, qui sont tous des embranchements

[1] Tous les travaux de transformation de cette région se rapportent à la suppression des bassins aménagés en terres irrigables pour l'emploi des eaux emmagasinées au réservoir d'Assouan.

du Bahr Yousef (voir pl. V), versent directement dans le lac Keroun l'excédent de leurs eaux, excédent qu'on cherche à réduire à son minimum en réglant avec soin le débit du Bahr Yousef d'après les besoins, de façon à éviter un relèvement du lac qui compromettrait les cultures des terres basses. Les eaux de drainage lui sont pour la plus grande part amenées par deux canaux principaux, le Ouady Nezleh au sud-ouest et la partie inférieure du Bahr Timieh au nord-est.

Une petite partie du Fayoum, nommée el Gharak, ne peut être drainée vers le lac Keroun ; c'est une dépression tout à fait fermée sauf du côté de la petite gorge par où elle reçoit son canal d'irrigation ou Bahr el Garak. Les parties inférieures de ce bassin se trouvent dans de mauvaises conditions au point de vue du drainage ; tout ce qu'on peut faire, à moins de dépenser des sommes énormes, est de diminuer, autant que les nécessités des cultures le permettent, le débit du Bahr el Gharak.

PROVINCES A L'EST DE LA BRANCHE DE DAMIETTE

La pente générale du Delta étant celle qui est figurée sur la coupe longitudinale ci-jointe (fig. 36), les lacs qui forment une ceinture sur les bords

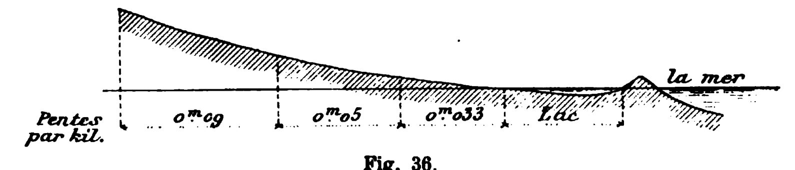


Fig. 36.

de la mer sont les exutoires naturels de l'excédent de débit des canaux d'irrigation ainsi que des eaux de drainage.

Les provinces situées à l'est de la branche de Damiette, dont la surface cultivable est de 526 000 hectares, sont bordées au nord par le lac Menzaleh, qui communique avec la mer par une seule ouverture, celle de Gemileh. Ce lac couvre d'une façon permanente une superficie de 180 000 hectares, et comme son niveau monte d'environ 0,60 m. pendant la crue, au moment où le débit des canaux atteint son maximum, il inonde en plus, pendant plusieurs mois chaque année, 85 000 hectares de terres incultivables.

Pendant longtemps, à la suite de la suppression générale du régime des bassins dans le Delta, le trop-plein des canaux d'arrosage et les eaux de colature des terres hautes, qui arrivaient dans les terres basses du nord, y circulaient avec lenteur, dans des chenaux irréguliers et non endigués et, divaguant sur un sol presque sans pente, y formaient des marécages d'eau saumâtre d'une superficie de 160 000 hectares. La moitié à peu près de cette surface a pu être mise en défrichement par l'effet des grands travaux de drainage entrepris pendant ces dernières années.

Les principes suivant lesquels sont conçus ces travaux de drainage sont les suivants :

1° Ne pas exagérer le débit de crue des grandes artères d'irrigation et faire en sorte qu'elles apportent au Menzaleh le moins possible d'eaux inutiles, qui exhausseraient trop le niveau du lac et nuiraient ainsi à l'écoulement des canaux de drainage en diminuant leur pente superficielle. A cet effet, les grands canaux d'irrigation ont été munis, tout le long de leur cours et à leur extrémité inférieure, d'ouvrages régulateurs permettant de contrôler leur débit en tout temps. Les canaux de drainage envoient d'ailleurs forcément plus d'eau au lac pendant la crue, à cause de l'irrigation plus intensive qui se fait, sur toutes les terres, à cette époque de l'année.

2° Utiliser, autant que possible, comme grandes artères de drainage, les anciens chenaux qui formaient auparavant les cours inférieurs des grands canaux d'irrigation, de façon à réduire les frais de construction. Au point où un canal d'irrigation devient canal de drainage, se trouve un ouvrage régulateur qui ne laisse passer que la quantité d'eau nécessaire à maintenir un faible courant dans le canal d'irrigation.

Les canaux de drainage sont endigués et prolongés jusque dans l'intérieur du lac, de façon à fournir en toute saison un bon écoulement. Ordinairement, dans leur partie inférieure où la pente du lit est nécessairement faible, on force plutôt la profondeur que la largeur, de façon à empêcher l'envahissement des plantes aquatiques. Un coup d'œil jeté sur la carte de la Basse Égypte (pl. VI) montre bien comment ces principes ont été appliqués dans la partie du Delta qui nous occupe.

Un seul grand canal d'irrigation, le Bahr Saghir, aboutit au lac Menzaleh ; son débit est contrôlé dès son origine par un ouvrage régulateur. Les autres grands canaux, le Bouhieh, le Bahr Moès, le Bahr Facous se terminent, comme canaux d'irrigation, par un ouvrage régulateur, à une quarantaine de kilomètres du lac, ne donnant l'eau aux terres situées en aval que par des embranchements secondaires. Sur le reste de leur parcours jusqu'au lac, ils forment des canaux d'écoulement qui, réunis entre eux à peu de distance des bords du Menzaleh, se confondent en deux grandes artères de déversement, le Bahr el Bagar et le Bahr Saft. Quelques colateurs moins importants drainent la région comprise entre le Bahr el Saghir et le Nil.

De nombreux embranchements se ramifient dans les intervalles compris entre les canaux d'irrigation jusque sur les terres voisines du Nil et s'écoulent dans ces artères principales de drainage.

Nous traiterons à part le drainage de la région située le long du cours inférieur du canal Ismaïlieh.

L'ensemble de ces travaux ne constitue pas une solution définitive ; on

voit en effet sur la carte quelle vaste région, actuellement en cours de défrichement, est encore mal desservie par les canaux d'arrosage dans le voisinage du lac Menzaleh. Toutes ces terres seront évidemment mieux pourvues un jour, au fur et à mesure qu'on pourra augmenter le débit du Nil à l'étiage en créant des réserves d'eau le long de son cours.

Lorsque ce temps sera venu, on pourra en outre, en améliorant et en réglant les communications du lac avec la mer, livrer à la culture les 80000 hectares qui sont actuellement noyés une partie de l'année par suite du gonflement du lac pendant la crue et même envisager la question du dessèchement du lac.

PROVINCES COMPRISES ENTRE LES DEUX BRANCHES DU NIL

Les principes généraux qui viennent d'être indiqués ont aussi été appliqués à ces provinces, dont la surface cultivable est de 580000 hectares environ.

L'excédent des eaux d'irrigation et les eaux de drainage de ce territoire se déchargent dans le lac Bourlos, à l'exception des eaux provenant des terres comprises entre le Bahr Chibin et la branche de Damiette. Celles-ci se déversent directement dans la mer, ainsi que celles fournies par une petite superficie située sur la rive gauche du Bahr Chibin.

Le lac Bourlos, en 1885, c'est-à-dire avant qu'on n'eût pris en main d'une façon sérieuse la question du drainage, recevait chaque jour, en temps de crue, par les divers canaux qui y aboutissaient, 41 500 000 mètres cubes d'eau. Son niveau s'élevait alors à 1 mètre au-dessus du niveau de la mer du côté ouest et à 1,25 m. du côté est, cette surélévation étant due à l'effet des vents régnants. La culture s'arrêtait naturellement à la limite des terrains situés au-dessous de cette altitude.

Le premier travail entrepris, avant d'exécuter les ouvrages de drainage proprement dits, fut de construire sur les grands canaux d'irrigation des ouvrages régulateurs en nombre suffisant pour contrôler entièrement leur débit en temps de crue. Les derniers de ces ouvrages sont établis à la limite de la zone actuellement peuplée, soit à des distances de 30 à 40 kilomètres des bords du lac ; les terres situées au nord de cette ligne étaient celles où les écoulements étaient mal réglés et qui présentaient plutôt l'aspect de marécages que de terres cultivables. Ces terres, dont la surface représente 122 000 hectares n'ont pu commencer à être mises progressivement en culture qu'après l'exécution des canaux de drainage ; elles sont arrosées par des embranchements partant des principaux canaux d'irrigation, en amont des ouvrages terminus dont nous venons de parler. En aval de ces ouvrages, les lits de ces grands canaux deviennent des colateurs auxquels aboutis-

sent les drains des terres hautes. Toutefois ces vieux chenaux rectifiés, endigués et mis à un profil convenable, n'ayant pas été suffisants, on a dû construire entre eux un certain nombre de canaux de drainage entièrement neufs.

Le lac Bourlos présente actuellement, en basses eaux, une surface de 75 000 hectares et, en hautes eaux de 150 000 hectares ; son niveau s'élève en temps de crue jusqu'à 0,60 m. au-dessus du niveau de la mer, avec laquelle il communique par une seule ouverture souvent obstruée par une barre de sable ; il est entouré d'une ceinture de terres incultes, trop marécageuses pour qu'on en ait commencé jusqu'à présent le défrichement et dont la surface est de 80 000 hectares.

Le système complet, dont les lignes principales sont indiquées sur la carte (pl. VI), comporte :

Deux drains qui se jettent directement dans la mer à l'est du lac Bourlos ;

Neuf drains principaux qui se déversent dans le lac Bourlos.

Quelques-uns de ces canaux d'écoulement sont très importants ; ainsi le drain formé par la réunion des biefs inférieurs du Bahr Nachart et du Bahr Saïdi dessert à lui seul 142 000 hectares et peut débiter 32 mètres cubes par seconde.

PROVINCE DU BÉHÉRA

Le drainage de cette province s'effectue dans des conditions différentes de celles qui viennent d'être exposées.

Deux lacs, tout à fait indépendants l'un de l'autre, la bordent du côté du Nord : l'un, à l'est, le lac Edkou, qui a un débouché sur la mer ; l'autre, à l'ouest, le lac Mariout, qui est sans issue.

La province de Béhéra comprend 292 000 hectares cultivables dont 116 000 environ sont en cours de défrichement depuis l'extension des canaux de drainage. Il y a en outre 55 000 hectares de terres basses, salées et marécageuses, qui sont incultes, dans le voisinage immédiat des lacs. Le drainage est dirigé vers chacun des deux lacs, les terres les plus hautes, c'est-à-dire celles qui sont le long du Nil et celles qui, du côté du désert, sont au-dessus de la cote d'altitude 2,50 m., évacuent leurs eaux dans le lac Edkou, tandis que les terres basses s'égouttent dans le lac Mariout, dont la surface est toujours maintenue au-dessous du niveau de la mer par l'action de puissantes machines élévatoires.

Le lac Edkou est entièrement séparé par le canal Mahmoudieh du reste de la province, depuis le Nil à Atfeh jusqu'à la mer à Alexandrie, et le surplus des eaux du Mahmoudieh se déverse dans la mer à Alexandrie. Ce lac ne reçoit donc pas le trop-plein des grands canaux d'irrigation ; autre-

fois, pendant la crue, il recueillait, au nord-est, l'excédent des eaux du canal Fazzarah, dont le debit est aujourd'hui contrôlé par un ouvrage de prise sur le Nil. Il ne vient donc en réalité dans le lac Edkou que les infiltrations du sous-sol de la province et les eaux de drainage qui lui sont amenées par des canaux spéciaux. Sa surface est de 25 000 hectares. Pendant les années 1895 à 1900, son niveau maximum a varié de la cote + 0,52 à la cote + 0,80 ; il a lieu en hiver, l'effet de l'égouttement plus abondant des terres de la province pendant la crue se trouvant prolongé tant par suite de l'évaporation moins active dans cette saison que par les pluies littorales[1]. Dans les mêmes années, le niveau minimum, qui se produit en juillet, a varié de la cote — 0,20 à la cote + 0,04. Le chenal de communication avec la mer se trouve fréquemment obstrué et il faut veiller avec soin à l'état de cette barre, si on veut éviter un trop fort relèvement des eaux du lac en hiver.

Deux petits canaux de drainage recevant les eaux des terres situées au nord du canal Mahmoudieh se déversent dans la partie occidentale du lac; le grand drain principal de la province aboutit dans la partie orientale. Ce dernier drain, qui s'appelle drain Edkou, dessert par lui-même tout le territoire qui borde la branche de Rosette, et, par un grand embranchement, le drain Kaïri, les plus élevées des terres situées du côté du désert (pl. VI). Ces deux canaux réunis égouttent une surface totale de 170 000 hectares. Ils traversent tous deux par des siphons, le canal Mahmoudieh. Le drain Kaïri a 24 mètres de largeur dans sa partie inférieure; le siphon par lequel il franchit le Mahmoudieh est formé de dix tuyaux en tôle de 1,83 m. de diamètre donnant un débouché total de 27,28 mètres carrés. Le siphon du drain Edkou est composé de 5 tuyaux de même diamètre avec un débouché total de 13,75 mètres carrés.

Il y a avantage à se servir le plus possible du lac Edkou pour le drainage, puisqu'il s'écoule dans la mer par gravitation, tandis que les eaux arrivant dans le lac Mariout, si elles sont trop abondantes, doivent en être enlevées au moyen de pompes. Mais, d'un autre côté, le lac Mariout étant toujours maintenu à un niveau inférieur à celui du lac Edkou peut recevoir les eaux provenant des terres d'une moindre altitude.

Le lac Mariout est séparé de la mer par un seuil rocheux; il couvre 28 000 hectares en basses eaux. Autrefois, le plan d'eau y variait entre les cotes — 3,50 m. en été et — 2,50 m. en hiver. L'évaporation compensait entre ces limites l'apport produit par l'égouttement de la crue et par les pluies de l'hiver[2].

[1] Les vents régnants ont en outre une grande influence sur les niveaux de tous ces lacs.

[2] La pluie n'est pas un phénomène négligeable dans le nord du Delta, car, à Alexandrie, il tombe, pendant les trois ou quatre mois d'hiver, une moyenne annuelle de 200 millimètres de

Mais, à la suite des améliorations introduites dans l'irrigation et le drainage de la province, le niveau maximum s'est relevé peu à peu ; il avait atteint — 2,10 m. en 1892 et la situation ne fit que s'aggraver avec le temps, en raison des travaux exécutés pour augmenter encore l'alimentation des canaux, pour faciliter l'écoulement des eaux de drainage et pour rejeter dans le lac Mariout les eaux d'infiltration de l'ancien lac d'Aboukir, aujourd'hui desséché et cultivé sur une surface de plus de 12 000 hectares.

Le moment vint enfin où, pour prévenir un exhaussement du lac qui empêcherait le fonctionnement des canaux de drainage et qui noierait des terres considérables en exploitation, on fut obligé de recourir à l'emploi de pompes à vapeur rejetant dans la mer le trop-plein des eaux.

Le lac Mariout reçoit actuellement le surplus des eaux d'irrigation et les eaux de colature de 122 000 hectares. Dans sa partie méridionale aboutissent les extrémités des canaux d'irrigation Nubarieh et Hager, dérivés du rayah Béhéra et contrôlés d'ailleurs par des ouvrages régulateurs, et les deux drains Nubarieh et Oumoum, qui ont des ramifications s'étendant jusqu'à 60 kilomètres de distance entre le canal Mahmoudieh au nord et le désert au sud. Enfin, le produit du drainage de l'ancien lac d'Aboukir s'y déverse par deux siphons construits sous le canal Mahmoudieh.

Pour évacuer les eaux surabondantes, de façon à ce que le lac ne s'élève jamais au-dessus de son ancienne altitude maxima de — 2,10 m., c'est-à-dire de façon à ce que les terrains riverains du lac ne se trouvent pas dans des conditions plus mauvaises qu'autrefois, on a établi sur la rive nord une grande usine élévatoire, avec un canal de fuite de 1 500 mètres environ de longueur entre les pompes et la mer.

L'histoire de cette usine est intéressante.

Une société anglaise avait obtenu la concession du dessèchement du lac d'Aboukir qui représentait une superficie de 12 000 hectares. Pour cette opération, la société avait installé deux pompes centrifuges de 1,22 m. de diamètre, système Gwynne, pouvant élever en vingt-quatre heures 500 000 mètres cubes d'eau à 4 mètres de hauteur et les envoyer dans la mer. Une fois les eaux enlevées et la mise en exploitation des terres commencée, le gouvernement accepta que la Société construisit deux siphons sous le canal Mahmoudieh pour écouler dans le lac Mariout les 250 000 mètres cubes d'eau de drainage provenant journellement du sol de l'ancien lac. Les deux pompes centrifuges furent en même temps cédées au gouvernement et transportées sur la rive nord du lac Mariout, en un point

hauteur d'eau. Or, chaque millimètre de hauteur d'eau tombée sur le lac Mariout correspond à un volume de 280 000 mètres cubes, ce qui représente, pour 200 millimètres de pluie, un volume d'eau de 56 000 000 de mètres cubes et cela sans compter l'eau d'égouttement des terres voisines du lac sur lesquelles la pluie est également tombée. A cette époque de l'année, il ne s'évapore guère à la surface du lac que 1 000 000 de mètres cubes par jour.

appelé le Mex. La Société reçut 104 000 francs pour le transport des machines, 36 000 francs pour le creusement du canal de fuite et passa un contrat d'une durée de sept ans pour le fonctionnement de l'usine, avec engagement de pomper au maximum une quantité d'eau représentant 426 000 mètres cubes élevés à 4 mètres de hauteur par jour de vingt-quatre heures. Le gouvernement devait payer 15 600 francs par an pour personnel et frais généraux, et en plus 1 170 francs par million de mètres cubes élevé.

Mais l'époque où l'on faisait ces arrangements était précisément celle où les travaux d'irrigation et de drainage de cette région se développaient rapidement ; aussi, à peine l'usine eut-elle été mise en marche, on s'aperçut que, bien que les pompes eussent un débit très supérieur à l'apport des eaux du lac d'Aboukir, elles n'étaient pas suffisantes pour extraire du lac Mariout l'excédent d'eau provenant du reste de la province et pour maintenir le niveau maximum de — 2,10 m., qui avait été prévu et qui était reconnu être encore trop haut pour le bon fonctionnement du drainage.

On décida alors successivement de transporter au Mex d'abord deux, puis, plus tard, trois grandes turbines à axe vertical, qui avaient été installées en 1883, par la maison Farcot, à l'entrée du canal du Katatbeh pour l'irrigation de la province du Béhéra et qui étaient devenues inutiles après l'achèvement des travaux du barrage du Delta et du rayah de Béhéra[1].

En 1900, l'usine comprenait les deux pompes centrifuges Gwynne et les cinq turbines Farcot, ces dernières pouvant élever 500 000 mètres cubes chacune en vingt-quatre heures ; la puissance totale disponible était donc de 3 000 000 de mètres cubes par jour. Jusqu'en 1898, les pompes centrifuges fonctionnaient sous l'empire du contrat passé avec la Société d'Aboukir et les turbines Farcot en régie. Pour éviter la complication résultant de ce système mixte, le contrat avec la société fut résilié et depuis lors l'usine marche tout entière en régie, sous la direction des agents du gouvernement. On obtint ainsi une notable économie. Dans la saison 1898-99 le prix de revient du million de mètres cubes fut de 884 francs avec du charbon valant 32 francs la tonne. En 1899-1900, il fut de 1203 francs avec du charbon à 43,60 fr.

Avec cette grande installation, le but qu'on cherche à obtenir est de maintenir le niveau du lac au-dessous de la cote — 2,40 m., cote à partir de laquelle les drains fonctionnement difficilement. Pour cela, la règle suivante est adoptée : lorsque la cote du lac dépasse — 2,50 m., toute l'usine est mise en marche ; lorsqu'elle est comprise entre — 2,50 m. et — 2,60 m. deux pompes centrifuges et deux turbines fonctionnent ; entre — 2,60 m. et — 2,70 m., deux pompes centrifuges seulement ; au-dessus de — 2,70 m.,

[1] Voir page 160 et aussi chap. X.

l'usine est arrêtée. Mais si, dans l'hiver, malgré le pompage, le niveau s'élève au-dessus de — 2,40 m., les cotes indiquées ci-dessus sont augmentées d'autant, car les terrains qui ont été inondés à ce moment-là n'ont rien à gagner, pour le reste de la saison, à un abaissement du niveau du lac.

La saison de pompage commence en novembre et finit en mai et quelquefois en juin, suivant les années.

Dans la saison 1899-1900, les deux pompes Gwynne et deux turbines seulement étaient prêtes à fonctionner. L'usine travailla du 4 novembre 1899 au 4 avril 1900 et éleva 202 987 741 mètres cubes d'eau.

Dans la saison 1900-01, l'usine étant complètement terminée, toutes les pompes et les turbines furent mises en marche. Elle travailla tout entière pendant trente-sept jours, et cependant, le 19 janvier, le niveau du lac monta à — 2,18 m., soit à 0,22 m. au-dessus de la cote fixée comme maximum. Il est donc fort probable qu'on sera un jour ou l'autre obligé d'augmenter encore la capacité de l'usine. Le débit total des pompes entre le 29 octobre 1900 et le 17 avril 1901 fut de 316 693 553 mètres cubes, avec une dépense de 369 000 francs, représentant 1 265 francs par million de mètres cubes d'eau élevée avec une consommation de 6 000 tonnes de charbon du prix de 55,40 fr.[1] la tonne. La hauteur moyenne d'élévation fut de 3,02 m. Le lac Mariout servant au drainage de 122 000 hectares, la dépense de pompage correspond à 3 francs par hectare.

DESSÈCHEMENT, ASSAINISSEMENT ET COLMATAGE

Après que le gouvernement a pourvu une région des canaux colateurs nécessaires à l'évacuation des eaux usées, il reste aux particuliers à profiter des facilités mises ainsi à leur disposition.

Quand il s'agit de terres déjà cultivées et bien situées, le fellah n'a qu'à établir sur son terrain des rigoles de drainage de largeur plus ou moins grande, et d'une profondeur suffisante pour que l'eau qu'elles reçoivent n'affleure pas à moins de 0,50 m. à 0,60 m. au-dessous du niveau du sol. Ces rigoles, réunies dans un ou plusieurs petits canaux, vont aboutir dans le colateur public le plus rapproché. Parfois, le niveau du colateur est trop élevé dans la traversée des terrains à drainer pour que l'écoulement des rigoles d'assainissement puisse se faire par gravitation ; on a alors recours à des machines élévatoires ; le pompage des eaux de drainage est en général peu répandu jusqu'à présent en Égypte chez les particuliers.

Mais, quand on a affaire à des terres basses, marécageuses, non cultivées

[1] Prix exceptionnellement élevé cette année-là.

depuis de longues années, il faut faire subir au sol certaines opérations préparatoires avant de le mettre en culture.

Ainsi qu'il a été dit déjà plusieurs fois, les terres soumises à l'action des infiltrations s'imprègnent de sels divers formant efflorescence à la surface, se désagrègent et deviennent impropres à toute production agricole. Ainsi des analyses d'échantillons prélevés sur l'emplacement du lac d'Aboukir, après le déssèchement, ont donné les résultats suivants[1] :

Dans un échantillon, 8,11 p. 100 de chlorure de sodium et 1,79 p. 100 de magnésie ; dans un autre, 8,56 p. 100 de chlorure de sodium et 0,93 p. 100 de magnésie. Ce sont là des proportions maxima. Dans des échantillons pris auprès du lac, sur un sol élevé d'un mètre environ au-dessus du niveau moyen des eaux, la proportion de chlorure de sodium tombait à 1,62 p. 100 et celle de magnésie était de 1,10 p. 100. Dans ce dernier endroit, les pluies d'hiver lavent le sol, aussi la proportion des sels solubles est plus faible.

La quantité de sels contenus dans les terrains, plus ou moins marécageux, qui avoisinent les lacs du nord du Delta est généralement comprise entre ces limites. Dans les terrains déjà cultivés de la même région, la proportion de magnésie descend à 0,50 p. 100 et celle du chlorure de sodium à 0,01 p. 100.

Au-dessous de 3 p. 100 de sels dans un terrain, il ne pousse qu'une végétation rabougrie de plantes sauvages ; avec 2 p. 100 on peut commencer à cultiver une espèce de millet (panicum crus-galli) ; pour le trèfle et pour le riz, il ne faut guère que la quantité de sels soit supérieure à 0,50 p. 100.

Ainsi, la première opération à faire pour rendre cultivables des terres envahies par les eaux d'infiltration est de leur enlever l'excès de sels qu'elles contiennent; de leur faire ensuite produire des récoltes qui demandent beaucoup d'eau, comme le riz, ou qui n'en craignent pas l'abondance, comme les plantes fourragères ; puis, lorsque les terres sont ainsi bien purifiées, on peut y entreprendre des cultures de céréales et de coton, mais en ayant toujours soin, au cas où le drainage n'est pas complètement assuré par des rigoles profondes, de continuer de temps en temps les lavages du sol au moyen de récoltes de trèfle ou de riz. C'est pour avoir négligé cette dernière précaution que des terres salées, rendues à la culture par des lavages ou des colmatages, ont été de nouveau remplies de sels et sont rapidement retournées à leur état primitif, jetant ainsi du discrédit sur les méthodes rationnelles employées pour leur assainissement.

Trois méthodes sont en usage en Égypte pour dessaler les terres : le colmatage, le lavage de surface, le lavage intérieur.

[1] Chiffres extraits d'un mémoire « The reclamation of Lake Abukir ». paru dans les « Minute of the Proceedings of the Institule civil Engineers », London.

Le colmatage se pratique pendant que le Nil est haut, lorsque les eaux sont fortement chargées de limon. Elles sont amenées en couches plus ou moins épaisses sur le sol à défricher ; on les y laisse séjourner jusqu'à ce qu'elles soient clarifiées, puis on les évacue et on recommence l'opération. Au bout d'un certain temps, il s'est déposé une épaisseur de limon suffisante pour la culture ; des rigoles de colature empêchent les sels de remonter et de contaminer le sol neuf ainsi formé. Ce procédé n'est applicable que dans les endroits où l'on peut amener les eaux du Nil avec une vitesse assez forte pour qu'elles restent chargées d'une bonne proportion de limon.

Pour le lavage de surface, on fait simplement passer, d'une façon continue, le plus d'eau douce possible sur le sol, sans établir de rigoles de drainage. Cette méthode est économique, mais demande beaucoup d'eau et a besoin d'être renouvelée de temps en temps, si l'on veut empêcher les terres de se saler de nouveau.

Le lavage intérieur se pratique en divisant la terre par petites parcelles, au moyen de rigoles d'amenée et d'évacuation dont les déblais sont relevés de chaque côté en forme de digues. L'eau est amenée sur le sol jusqu'à un niveau aussi élevé que le permettent ces petites digues et est constamment maintenue à ce niveau. En vertu de la pression qu'elle exerce, cette eau s'infiltre dans la terre et s'écoule dans les rigoles d'évacuation en entraînant une certaine quantité de sels dissous. Le même procédé peut être employé avec des lignes de drains en poterie noyés dans le sol, à une profondeur plus ou moins grande, et avec un écartement plus ou moins fort, suivant la nature du terrain, le produit de ces tuyaux de drainage étant recueilli dans des rigoles d'évacuation convenablement établies.

Nous citerons quelques exemples de ces divers procédés en indiquant les résultats obtenus.

COLMATAGES DANS LE NORD DU DELTA

Mehemet Ali avait entrepris l'assainissement de terres basses pour la culture du coton. Le sol fut divisé en parcelles de 500 hectares environ, (fig. 37) bordées, d'un côté, par un canal d'amenée donnant l'eau pendant la crue à un niveau supérieur à celui des terres, et, du côté opposé, par un canal d'évacuation. Les digues de ces deux canaux, ainsi que de deux rigoles d'amenée creusées sur les deux autres côtés de la parcelle à améliorer, limitaient ainsi un petit bassin de submersion. On y introduisait l'eau par des coupures *abc... gh* pratiquées dans les berges des canaux d'amenée ; elle séjournait là une quinzaine de jours et on la rejetait dans le canal d'évacuation par une coupure V faite dans la digue de ce canal.

Dans le cas où les canaux d'amenée et d'évacuation étaient trop éloi-

gnés l'un de l'autre (fig. 38), on créait deux séries parallèles de bassins dans leur intervalle, A et A'. La série A était alimentée par des coupures *a*, *b*, *c*, *d*, faites dans la digue du canal d'amenée, et vidée dans ce canal même, quand les eaux avaient baissé, par une coupure V. La série A' était alimentée par des coupures *a'*, *b'*, *c'*, *d'*..., *f' g'*, faites dans les digues de canaux d'amenée secondaires, et était vidée dans le canal d'évacuation au moyen d'une coupure V'.

Les résultats obtenus furent bons, mais on cultiva du coton, sur les terres ainsi traitées, avant que le colmatage fût suffisant, et la qualité du sol se perdit vite.

En 1887, M. Willcocks procéda de même sur des terres de cette région appartenant à la Daïra Sanieh. En trois ans, il put mettre une superficie très étendue en culture de trèfle et d'orge, mais, quoique le colmatage ne fût pas encore assez complet, on se laissa aller à y mettre tout de suite du coton et, en deux ans, la terre revint à son état primitif de stérilité.

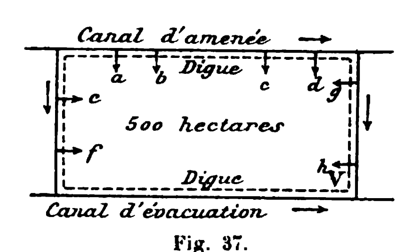


Fig. 37.

Fig. 38.

En 1887 et pendant les années suivantes, l'administration des Domaines de l'État entreprit l'amendement, par colmatage, de terres situées dans le nord de la province de Dakhalieh et fortement endommagées par le sel. Les opérations étaient dirigées de façon à obtenir une couche de terrain vierge de 0,05 m. à 0,10 m. d'épaisseur. Le domaine de Tamaï ainsi traité a une superficie de 5000 hectares. A la fin de 1890, on avait amélioré 3 700 hectares par la construction de 50 kilomètres de rigoles dont la construction coûta 31 000 francs; mais les eaux limoneuses n'arrivant pas sur ces terres par gravitation, il fallait les élever mécaniquement; les frais de pompage furent de 27 500 francs. La dépense totale de 58 500 francs représente une somme de 15 francs par hectare, et le résultat ainsi obtenu fut de doubler le produit des récoltes.

DESSÉCHEMENT DU LAC D'ABOUKIR[1]

En 1887, le desséchement du lac d'Aboukir fut concédé à une société

[1] Extrait des « Minute of the Procedings of the Institute civil Engineers » : « The reclamation of Lake Abukir ».

anglaise. La concession comprenait 12 400 hectares (fig. 39). Le lac forme une cuvette, plate au milieu et se relevant doucement vers les bords. Au centre, le sol est à 1 mètre au-dessous du niveau de la mer et, même sur le bord, il est au-dessous de ce niveau. Le lac est séparé de la mer par la digue du chemin de fer et par un mur en maçonnerie. Le grand canal Mahmoudieh longe au sud la superficie concédée.

Ce lac était un véritable marais salant dans lequel apparaissaient, en basses eaux, des dépôts salins de 0,07 m. à 0,10 m. d'épaisseur.

Il n'y avait que deux moyens de le dessécher : soit rejeter les eaux à la mer en les élevant au moyen de pompes, soit les écouler, au moyen de siphons construits sous le canal Mahmoudieh, dans le lac Mariout dont le niveau est de 1,50 m. environ plus bas que celui du lac d'Aboukir. Le gouvernement ayant d'abord interdit ce dernier procédé, on eut recours au premier et on construisit du côté nord, dans le voisinage de la mer, une usine élévatoire à vapeur comprenant deux pompes centrifuges Gwynne, du type « Invincible », de 1,20 m. de diamètre à l'aspiration et pouvant élever chacune 175 mètres cubes par seconde à 3,25 m. de hauteur. L'installation de l'usine coûta 500 000 francs.



Fig. 39.

L'eau pour le lavage des terres et pour la culture est obtenue au moyen de deux prises sur le canal Mahmoudieh, ayant chacune deux ouvertures de 1,50 m. sur 1,25 m. de hauteur et débitant 14 mètres cubes par seconde avec une charge maxima de 2,80 m. Ces deux prises sont situées vers les extrémités du domaine et alimentent chacune un réseau de canaux hauts, circulant sur les bords du lac, et un réseau de canaux bas, construits dans la partie centrale. Les deux réseaux sont séparés par un ouvrage distributeur, à poutrelles horizontales, qui est réglé de façon à donner 1 mètre de différence de niveau entre les canaux d'alimentation de chaque réseau. L'eau est fournie partout par gravitation. La pente des canaux est réglée, autant que possible, à 0,07 m. par kilomètre avec profondeur maxima de 1,30 m. ; la largeur du lit des canaux principaux varie de 7 mètres à 2 mètres. Le grand canal de ceinture sud a 24 kilomètres et demi de longueur et celui du nord 12 kilomètres. Le débit des canaux est calculé à raison de 0,826 l.

par seconde et par hectare, et celui des colateurs est égal à 40 p. 100 de ce volume.

Pour l'évacuation des eaux, on a construit trois grands drains se dirigeant vers la station des pompes et partageant la surface en quatre parties de 3000 hectares; ils ont une pente de 0,05 m. par kilomètre, une pro-

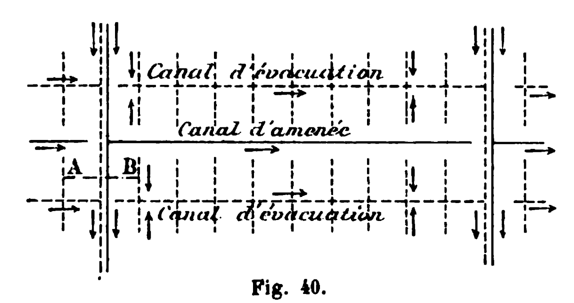


Fig. 40.

fondeur de 2,25 m. et une largeur de 3 à 8 mètres. Les drains sont établis avec des dimensions plus fortes que la théorie ne l'exige, afin de pouvoir

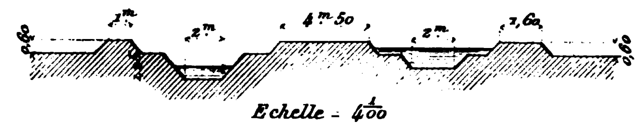


Fig. 41. — Coupe suivant A B.

servir de réservoirs pendant l'arrêt des pompes qui, comme règle, fonctionnaient le jour seulement, et de rendre possible le maintien du niveau normal à la tête des drains. Il faut, en effet, qu'il y ait toujours un courant dans l'ensemble des drains, sans quoi, au moment où l'on recommence à pomper, l'eau est épuisée rapidement auprès des pompes et le canal y est déjà à sec que, à peu de distance, les drains ne se sont même pas remis à couler.

Outre ces trois drains principaux, un drain de ceinture règne sur les deux tiers de la circonférence du domaine pour intercepter les eaux des terres voisines qui s'égouttaient autrefois dans le lac.

On se proposait, d'abord, de dessaler les terres du lac par de simples lavages faits avec de l'eau provenant soit du canal Mahmoudieh, soit du drain de ceinture ; ces eaux étaient répandues sur des parcelles de 250 hectares environ, limitées par de fortes digues. Les eaux, après avoir séjourné quelque temps sur les terres, étaient pompées et rejetées en dehors des digues. Mais on renonça bientôt à ce procédé, tant à cause de l'action sur les digues des vagues formées par le vent à la surface des bassins, que parce que, en raison de la nature argileuse du sol, au bout de deux ou trois opérations, la quantité de sel dissoute n'était plus en rapport avec la dépense d'extraction des eaux. Le système généralement adopté fut le suivant.

Le terrain fut divisé en rectangles de 30 hectares ayant 1 000 mètres de long sur 300 mètres de large (fig. 40 et 41), limités des quatre côtés par des canaux d'évacuation et traversés dans leur milieu par un canal d'amenée parallèle aux grands côtés. Ce rectangle était divisé lui-même en 20 rectangles plus petits, de 150 mètres sur 100 mètres, par des rigoles de drainage parallèles aux petits côtés. Les berges de tous ces canaux et rigoles formaient des digues qui divisaient chaque parcelle de 30 hectares en 20 petits bassins. L'eau arrivait dans ces bassins d'une façon continue et, s'infiltrant dans le sol, s'écoulait par les drains jusqu'aux pompes. Lorsque les terres étaient suffisamment dessalées pour porter des récoltes de millet, de riz ou de trèfle, on subdvisait les vingt bassins en bassins plus petits par des rigoles de drainage de 0,25 m. de largeur au plafond et de 0,70 m. de profondeur, dont les déblais formaient de petits épaulements limitant chaque bassin secondaire. Les rigoles étaient plus ou moins espacées suivant la nature des cultures.

La dépense ainsi faite sur ces terres, y compris l'installation des pompes, mais non compris la dépense d'élévation des eaux, a été de 227 francs par hectare. Or, aussitôt que les terres purent être mises en culture, elles furent louées 67 francs l'hectare la première année, 124 francs la seconde année, 186 francs la troisième année, et plus cher ensuite.

Le contrat de desséchement du lac d'Aboukir est le seul de cette espèce qui ait été fait jusqu'à présent par le gouvernement égyptien. Voici quelles en sont les stipulations principales ; il est daté de mars 1887.

Article premier. — M... est autorisé, à ses risques et périls, à rendre cultivables les terres du lac d'Aboukir. . . . .

Art. 2. — ..... Le concessionnaire s'engage formellement à recevoir toutes les eaux des propriétés riveraines se déversant actuellement dans l'étendue aujourd'hui concédée et à faire, à cet effet, à ses frais, les canaux et tous travaux jugés nécessaires par le Ministère des Travaux Publics ainsi que tous autres canaux d'évacuation ou travaux nécessaires. Ces eaux devront ensuite être rejetées dans la mer au moyen de pompes d'épuisement..... Un plan de ces travaux sera soumis dans un délai de trois mois au Ministère des Travaux Publics pour être, après modification s'il y a lieu, approuvé et rendu exécutoire dans un délai de six mois.

Art. 3. — ..... Tous les drains collecteurs devront être achevés au plus tard le 31 décembre 1890 (sous peine de déchéance). . . . .

Art. 5. — Le concessionnaire pourra être autorisé à prendre pour le dessalement des terres l'eau du canal Mahmoudieh, mais seulement pendant la crue du Nil, c'est-à-dire depuis le jour où, après le 15 août, l'eau dans le canal Mahmoudieh aura atteint une hauteur de 2,20 m. au nilomètre d'Alexandrie jusqu'au jour où, avant le 15 novembre, la hauteur ne sera plus que de 2,20 m. au même nilomètre. . . . .

Art. 6. — Les terres faisant partie de la présente concession seront exemptes d'impôt jusqu'au 31 décembre 1890, date fixée pour l'achèvement des travaux. A partir de cette date, l'impôt sera perçu, savoir : 0,62 fr. par hectare et par an pour les deux premières années ; 3,09 fr. pour les trois années suivantes ; 6,20 fr. pour les cinq années suivantes. A l'expiration de la dixième année, les terres seront soumises à l'impôt qui frappe les terres analogues avoisinantes . . . .

Art. 7. — Aussitôt l'achèvement des travaux constaté, le concessionnaire deviendra propriétaire définitif desdits terrains. . . . .

Art. 10. — Versement d'un cautionnement de 156 000 francs. . . . .

En 1891, le concessionnaire, ayant achevé les travaux, se trouvait très embarrassé pour vendre ses terrains aux particuliers en conservant l'obligation de continuer à faire fonctionner les pompes d'évacuation des eaux. Le gouvernement lui vint en aide par une convention spéciale l'autorisant « à faire écouler dans le lac Mariout les eaux provenant des terres, au moyen de deux siphons passant sous la voie ferrée et de deux autres passant sous le canal Mahmoudieh ». Les conditions principales de ce nouvel arrangement sont les suivantes :

. . . .

Art. 2. — Le coût et l'entretien des siphons ainsi que les travaux nécessaires pour amener les eaux dans le lac Mariout sont entièrement à la charge du concessionnaire.....

Art. 3. — Le fonctionnement desdits siphons sera contrôlé par le gouvernement, lequel aura plein pouvoir de les fermer et d'arrêter temporairement le passage des eaux, toutes les fois que, pour une cause quelconque, la surface des eaux du lac Mariout viendrait à atteindre la cote de 2,35 m. au-dessous du niveau de la mer. . . . .

Art. 4. — Le concessionnaire cède au gouvernement les deux pompes par lui établies au bord de la mer pour le desséchement du lac d'Aboukir avec tous leurs accessoires. En échange, le gouvernement lui fait remise d'une partie des impôts qu'il aurait à payer. ..... Le concessionnaire ne paiera à ce titre que la somme de 26 000 francs par an pour les dix premières années. . . . .

Cet arrangement était très avantageux pour le concessionnaire ; au point de vue du gouvernement, il assurait d'une façon définitive la mise en culture des terres du lac d'Aboukir. Les pompes furent, comme on l'a vu, transportées au Mex, sur les bords du lac Mariout[1].

DÉFRICHEMENT DU DOMAINE DE L'OUADY TOUMILAT

La vallée ou ouady Toumilat s'étend, dans le désert, le long du chemin de fer de Zagazig à Ismaïliah, sur une longueur de 60 kilomètres et sur une largeur maxima de 4 kilomètres. Le domaine dont nous nous occupons, d'une superficie d'un peu plus de 8600 hectares, est situé dans la région occidentale du ouady, c'est-à-dire dans sa partie la plus élevée.

Ce domaine a une histoire. Faisant partie de l'antique terre de Gessen, célébrée par les Juifs, il était probablement, à cette époque lointaine, relié au système des bassins d'inondation de la Basse Égypte, et écoulait le trop-plein de ses eaux par le fond même de la vallée, jusque dans les parties basses du désert, où se trouve actuellement le lac Timsah, sur le passage du canal de Suez. Puis, dans le cours des temps, sans doute abandonnnée à elle-même pendant de longs siècles, cette terre formant bas-fond le long

[1] Voir pages 197 et suivantes.

des pentes du désert, marécageuse pendant la crue, se desséchait pendant l'été faute d'arrosage régulier ; elle était ainsi devenue tout à fait inculte, lorsque Mehemet Ali entreprit de lui rendre sa fertilité par la création d'un canal d'irrigation, appelé canal Ouady, dérivé du Bahr Moez (voir pl. VI), et par l'établissement de canaux d'écoulement. Il y transporta 16 000 fellahs des différentes parties de l'Égypte. Mais, après sa mort, les fellahs retournèrent dans leurs villages d'origine, et la région revenait rapidement à l'état inculte, lorsque, en 1861, la Compagnie du canal de Suez l'acheta au prix de deux millions de francs. Il n'y avait plus alors que 2 500 hectares en culture et 4 500 habitants. Quatre ans après, grâce aux travaux d'arrosage et d'assainissement exécutés par la Compagnie, 5 000 hectares étaient cultivés et rapportaient 650 000 francs ; la population s'élevait à 14 000 habitants. C'est là un exemple de la rapidité avec laquelle les terres d'Égypte peuvent se transformer quand elles sont bien soignées.

En 1865, le Khédive Ismaïl racheta très cher ce même domaine à la Compagnie du canal de Suez et le donna à l'administration des Wakfs avec obligation d'en consacrer le revenu aux écoles dépendant du Ministère de l'Instruction Publique.

Mais la gestion fut mauvaise. En outre, à la même époque, pour faire communiquer le Nil avec le canal maritime, on construisait, le long du bord septentrional de l'ouady Toumilat, un grand canal, le canal Ismaïlieh, dont le plan d'eau était fixé à des hauteurs variant de 4 mètres à 2,50 m. au-dessus des terres de l'ouady, et qui donnait lieu à de fortes infiltrations, dont l'évacuation par écoulement naturel était, sinon impossible, du moins fort difficile.

Aussi le sol fut vite ruiné et, en 1891, lorsqu'on fit le cadastre du domaine, on trouva qu'il ne comprenait plus que 3 000 hectares de cultures, auxquelles il fallait ajouter 4 200 hectares de terres que l'on pouvait encore cultiver, après assainissement, et 1 400 hectares occupés par les canaux ou stériles, soit en tout 8 600 hectares.

En 1891, le Ministère des Travaux Publics prit en mains la direction des travaux nécessaires pour assainir ce domaine et remettre en culture les terres détériorées. Ces travaux furent exécutés, pour le compte de l'administration des Wakfs, de 1892 à 1895. Ils comportaient d'abord simplement l'exécution d'un canal colateur traversant toute la propriété dans sa plus grande longueur et aboutissant à une usine élévatoire qui envoyait ses eaux dans un lac sans issue, le lac Mahsamah, situé à l'extrémité est du domaine. Mais, comme l'évaporation seule n'arrivait pas à abaisser le plan d'eau de ce lac suffisamment, et que les infiltrations qui en provenaient revenaient par le sous-sol sur une partie des terres à drainer, on dut construire un second canal pour écouler le trop-plein du lac Mahsamah

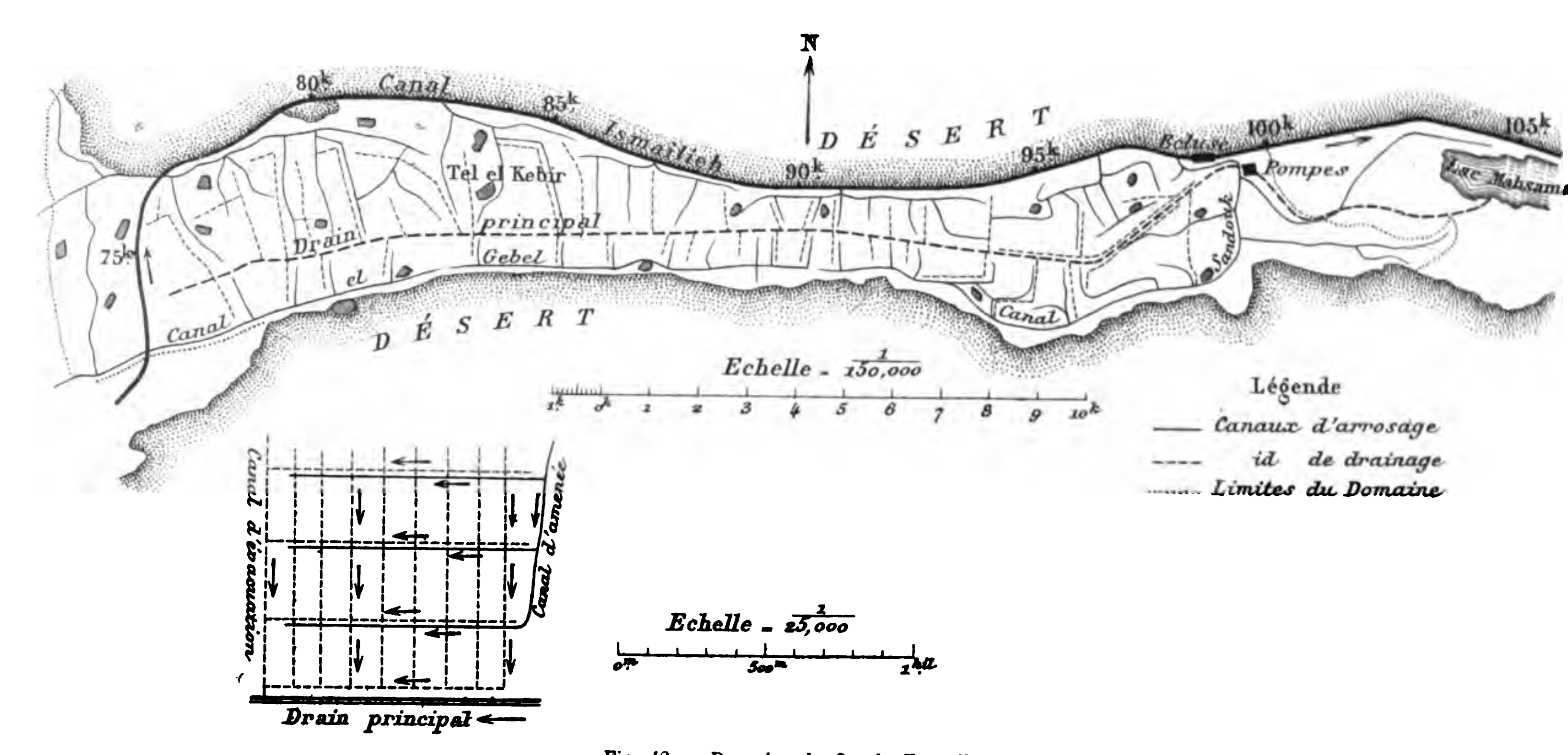


Fig. 42. — Domaine du Ouady Toumilat.

Fig. 43. — Dispositif type des rigoles d'arrosage et de drainage.

dans le lac Timsah par gravitation (pl. VI). On dépensa ainsi en travaux, pendant ces quatre années, 735 000 francs. Les frais annuels d'élévation des eaux étaient estimés à 55 000 francs (fig. 42 et 43).

Cependant l'état du domaine ne s'améliorait guère, l'administration des Wakfs négligeant de construire les canaux secondaires et les rigoles nécessaires pour amener toutes les eaux d'infiltration jusqu'au drain collecteur; en outre, les canaux d'irrigation étaient mal aménagés. On prit alors un parti radical. Le Ministère des Travaux Publics se chargea, par un arrangement daté de 1899, d'exécuter tous les travaux d'irrigation, d'écoulement des eaux et de mise en valeur des terres, ainsi que d'administrer le domaine pendant onze ans. Les fonds des travaux étaient fournis par l'administration des Wakfs qui devait se rembourser sur les produits du domaine.

L'estimation des dépenses à faire était la suivante :

Agrandissement de l'usine élévatoire	156 000	francs.
Creusement et élargissement des drains principaux et travaux accessoires	442 000	—
Embranchements des drains et rigoles de drainage	395 000	—
Modifications des canaux d'irrigation	260 000	—
Achat de dragues et de machines agricoles	65 000	—
Constructions agricoles et autres	220 000	—
Labourage à vapeur et divers	78 000	—
Total	1 616 000	francs.

En même temps, on calculait que les recettes du domaine deviendraient suffisantes, au bout de deux ans, pour payer les charges annuelles évaluées comme il suit :

Personnel	52 000	francs.
Élévation d'eau	65 000	—
Entretien des canaux	26 000	—
Impôts	152 000	—
Fermage à payer au Ministère de l'Instruction Publique	208 000	—
Total	503 000	francs.

Mais, pour l'ensemble des deux premières années, on estimait qu'il y aurait un déficit total de 150 000 francs, le rendement annuel, au moment de la prise de possession par le Ministère des Travaux Publics, n'étant que de 410 000 francs.

En ajoutant ce déficit de 150 000 francs au devis des travaux égal à 1 616 000 francs, c'est donc une somme totale de 1 766 000 francs qu'on avait à dépenser pour mettre la terre en valeur et qu'on estimait pouvoir être remboursée en onze ans à l'administration des Wakfs sur les plus-values annuelles du rendement des terres.

En 1899, les 3 000 hectares cultivés rapportaient seulement 410 000 francs,

et l'on comptait que ce revenu, par suite de l'amélioration des terres et de l'extension des défrichements, à raison de 420 hectares par an, sur les 4 200 hectares à défricher, s'augmenterait au bout de onze ans jusqu'à 840 000 francs.

Ainsi, moyennant une dépense totale de

Travaux de 1892 à 1895	735 000 francs.
Dépenses prévues postérieures à 1899 . .	1 766 000 —
Total	2 501 000 francs.

ce qui représente 350 francs par hectare cultivé, on doit obtenir un rendement brut de 117 francs par hectare, laissant un bénéfice net de 46,50 fr., en dehors du prix de location de 29 francs à payer au Ministère de l'Instruction Publique.

Les travaux sont commencés depuis 1899 et les résultats déjà obtenus justifient très largement les prévisions.

L'aménagement du domaine, au point de vue de l'arrosage et de l'écoulement des eaux, comprend les dispositions suivantes.

L'arrosage est assuré : 1° par deux canaux principaux ayant leur prise sur le canal Ismailieh, aux deux extrémités du domaine : l'un, le canal Gebel, pour les terres hautes qui longent le désert et l'autre, le canal Sandouk, destiné à irriguer les terres basses ; 2° par cinq prises intermédiaires moins importantes faites aussi sur le canal Ismailieh.

Pour le drainage, un canal principal de 22 kilomètres est établi le long du domaine, dans les terres basses ; son plafond a 10 mètres de largeur à son extrémité aval et sa pente est de 0,05 m. par kilomètre. Ce canal aboutit à une usine élévatoire composée de trois pompes centrifuges, dont deux de 0,766 m. et une de 0,504 m. de diamètre au tuyau d'aspiration, avec prévision pour une troisième pompe de 0,766 m.

Les eaux sont déversées par les pompes dans un chenal de 6 kilomètres de longueur qui aboutit au lac Mahsamah. Enfin, un canal de 27 kilomètres de longueur, 5 mètres de largeur au plafond et pente de 0,10 m. par kilomètre, réunit le lac Mahsamah au lac Timsah dont les eaux sont au niveau de la mer.

Le dessalement des terres s'effectue par des lavages superficiels et les résultats ainsi obtenus sont satisfaisants.

AMÉLIORATION DES TERRES DE SALAKOUS

Ces terres sont situées dans la Moyenne Égypte, district de Minieh. Environ 2 500 hectares, situés à l'ouest du canal Ibrahimieh, recevant les infiltrations du canal et manquant de moyens de drainage, étaient devenus

salés ; une partie en était incultivable et le reste ne donnait que de faibles produits. Presque toutes ces terres appartenaient à la Daïra Sanieh[1].

Après qu'un grand canal colateur eût été construit pour desservir cette région (voir pl. V), on songea à améliorer la qualité de ces terres et à rendre à la culture celles d'où elle avait disparu. Pour cela, on procéda par lavages superficiels sur des surfaces de 3 à 400 hectares à la fois, par le procédé qui a été indiqué plus haut comme ayant donné de mauvais résultats au lac d'Aboukir. Les terres de Salakous étant beaucoup moins salées que celles d'Aboukir et moins profondément, on voulait essayer d'abord un système économique. S'il n'avait pas donné des résultats satis-

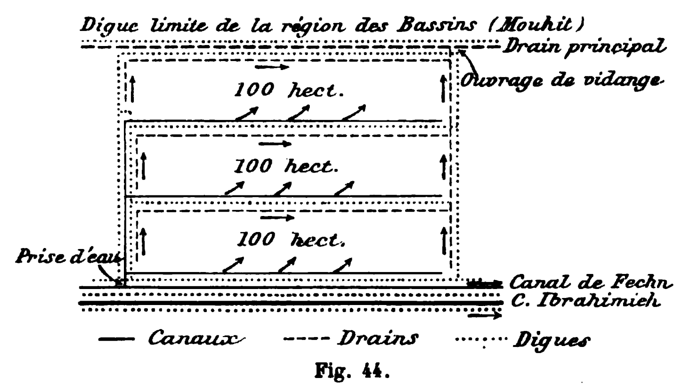


Fig. 44.

faisants, on en aurait été quitte, tout en conservant les ouvrages principaux d'amenée et d'évacuation des eaux, pour diminuer la surface des bassins de submersion en multipliant les digues et les canaux, et pour approfondir les rigoles du drainage, de façon à ce que le lavage pût pénétrer plus complètement le sol à assainir. Mais on n'eut pas besoin de recourir à cette dernière méthode plus coûteuse.

L'opération fut entreprise de 1890 à 1893 sur 1 012 hectares. La première année, on traita 310 hectares. Le programme des travaux était le suivant (fig. 44) :

1° Diviser en trois bassins de submersion égaux la superficie des 310 hectares, au moyen des déblais provenant des canaux et des drains. Chacun des bassins a son canal d'amenée dans la partie haute, alimenté au moyen d'une prise sur le canal de Fechn, embranchement de l'Ibrahimieh, et son drain, dans la partie basse, se déchargeant dans un drain secondaire qui aboutit dans le drain collecteur de la région.

2° Ouvrir la prise et régler le débit des canaux de façon à ce que les trois bassins se remplissent également ; lorsque ceux-ci sont pleins, ouvrir les ouvrages de vidange, de telle sorte que l'eau se maintienne au même

[1] C'est une administration de l'État possédant de grands domaines dans la Haute et Moyenne Égypte.

niveau dans les bassins, puis fermer les prises et laisser les bassins se vider; consacrer ainsi sept jours au remplissage, sept jours à la submermersion avec alimentation continue, sept jours à la vidange et sept jours au desséchement.

3° Faire de cette façon trois lavages en hiver, de novembre à fin février, et un avec de l'eau limoneuse pendant la crue.

4° Semer ensuite du trèfle et des fèves et, si c'est du trèfle, continuer les submersions pendant qu'il est sur pied.

5° Conserver en état tous les ouvrages de prise et de vidange, de façon à pouvoir renouveler de temps en temps les lavages si le besoin s'en faisait de nouveau sentir.

La dépense faite sur les 310 hectares traités la première année fut répartie comme il suit :

Digues, canaux, drains, ouvrages d'art.	28 860 francs.
Nettoyage des terres, défonçage et divers	12 040 —
Total	40 800 francs.

Soit 132 francs par hectare.

Or, avant les travaux, sur ces 310 hectares, on ne pouvait en louer que 99, au prix de 113,50 fr. par an, le reste des terres étant tout à fait inculte. Dès l'année qui suivit les lavages, on put louer 294 hectares, le reste des 310 hectares traités étant occupé par les digues et les canaux, au prix de 142 francs l'hectare, avec des baux d'une durée de six années. Le rendement des 310 hectares était donc devenu 41 865,60 fr. au lieu de 11 336,50 fr., ce qui représente une augmentation de recettes de 30 629,10 fr.

Sur la parcelle de 416 hectares qui fut traitée ensuite, on dut faire des lavages pendant deux années, les terres se trouvant dans des conditions plus mauvaises que les précédentes. La dépense fut de 58 656 francs, soit 141 francs par hectare, et le rendement passa aussitôt de 6 344 francs à 36 764 francs.

La troisième parcelle de 286 hectares, traitée en 1892, dut être lavée aussi pendant deux ans. L'opération donna des résultats analogues aux précédents.

EXPÉRIENCES D'ASSAINISSEMENT FAITES DANS LA BASSE ÉGYPTE PAR L'ADMINISTRATION DES DOMAINES DE L'ÉTAT

Dans les terres très salées, les lavages de surface sont généralement insuffisants et ont besoin d'être renouvelés fréquemment, car ils n'atteignent qu'une couche de peu d'épaisseur, 0,30 m. au maximum, de sorte que les sels remontent facilement pendant les saisons où l'on n'irrigue pas.

Les lavages intérieurs sont plus efficaces, mais ils ont l'inconvénient de couper le terrain en petites parcelles par des digues et des rigoles.

L'administration des Domaines de l'État fit, en 1902, des essais comparatifs de ces deux systèmes et essaya également la méthode des drains en poterie posés dans le sous-sol.

Il s'agissait de terres très salées, renfermant dans la couche superficielle 14 p. 100 de chlorures en poids et en contenant encore 5 p. 100 à 0,60 m. de profondeur.

Les expériences portèrent sur 34 hectares, divisés en trois parcelles, dont chacune fut traitée par un des trois procédés indiqués ci-dessus. En raison du niveau du plan d'eau dans le drain public, les eaux de drainage devaient être évacuées au moyen de pompes à vapeur.

La première parcelle, destinée au lavage superficiel, fut entourée d'une digue de 1 mètre de hauteur; l'eau arrivait par une extrémité et s'échappait dans un drain collecteur à l'autre extrémité; une hauteur d'eau de 0,50 m. était maintenue constamment sur les terres.

La seconde parcelle, traitée par lavage intérieur, fut divisée en tranches de 35 mètres de largeur par des drains de 0,70 m. de profondeur; les digues de ces petits drains, d'une hauteur de 0,50 m., pouvaient retenir sur le terrain une hauteur d'eau de 0,20 m. à 0,30 m.

La troisième parcelle, sur laquelle on faisait l'expérience des drains en poterie, fut entourée d'une digue de 1 mètre de hauteur supportant une charge d'eau de 0,50 m. Des files de tuyaux en poterie de 0,10 m. à 0,12 m. de diamètre furent placées dans le sol, à 0,70 m. de profondeur, et espacées l'une de l'autre de 12 mètres.

Les expériences se poursuivirent pendant mille quatre cents heures. Une fois le régime établi, le débit dans chaque parcelle se maintint constant et fut:

Pour la parcelle n° I, 232 mètres cubes par heure.
— II, 10,4 — —
— III, 117 — —

Le sel contenu dans les eaux d'évacuation fut en moyenne :

Pour la parcelle n° I, 3 grammes par litre.
— II, 44,3 —
— III, 20,3 —

De sorte que la quantité totale de sel enlevée du sol pendant la durée de l'essai fut :

Pour la parcelle n° I, 975 tonnes.
— II, 632 —
— III, 3320 —

La méthode des drains en poterie est donc d'un effet très supérieur aux deux autres méthodes, mais aussi la dépense est beaucoup plus forte. Rapportés à l'hectare, les frais du dessalement sur chacune des trois parcelles ont été :

PARCELLES	I	II	III
Rigoles, drains, etc.	155 fr.	239 fr.	722 fr.
Élévation d'eau.	160 —	7 —	81 —
Totaux	315 fr.	246 fr.	803 fr.

Les drains en poterie constituent donc une forte dépense; mais ce n'est pas cependant trop cher, quand il s'agit de transformer un terrain tout à fait inculte en une terre saine et bonne. D'ailleurs le drain en poterie continue à faire sentir son effet bienfaisant une fois que le sol est mis en culture et empêche le sel de remonter de nouveau dans la couche arable.

D'autre part, c'est la méthode par lavage intérieur qui emploie le moins d'eau.

CHAPITRE IX

EMMAGASINEMENT DES EAUX DE LA CRUE DU NIL ET EXTENSION DE L'IRRIGATION

Comparaison entre le débit du Nil et les besoins de l'Égypte. — Historique de la question de l'emmagasinement des eaux du Nil. — Projet de M. Willcocks; réservoir d'Assouan. — Utilisation des eaux emmagasinées; dépenses et bénéfices. — Effets sur le régime du Nil pendant la crue. — Aménagement des bassins de la Moyenne Égypte pour l'irrigation.

COMPARAISON ENTRE LE DÉBIT DU NIL ET LES BESOINS DE L'ÉGYPTE

La situation de l'Égypte, au point de vue de l'irrigation, telle qu'elle résulte des chiffres indiqués dans les chapitres précédents, est la suivante :

La surface totale cultivée est de 2 380 000 hectares répartis comme suit :

Basse Égypte.	1 400 000	hectares.
Haute Égypte	850 000	—
Fayoum	130 000	—
Total	2 380 000	hectares.

La Basse Égypte et le Fayoum sont cultivés par irrigation; la Haute Égypte est cultivée, partie par inondation, partie par irrigation, dans la proportion moyenne ci-après :

Cultures par inondation	615 000	hectares.
Cultures par irrigation, dites nabari	115 000	—
Cultures par irrigation[1] permanente	120 000	—
Total	850 000	hectares.

Il faut ajouter à ces chiffres les cultures qédi, qui se font au milieu des bassins d'inondation avant la crue, qui sont aussi des cultures d'irrigation et qui représentent 40 000 hectares.

Ainsi, annuellement, la surface cultivée par irrigation est :

Basse Égypte	1 400 000	hectares.		
Fayoum	130 000	—		
Haute Égypte.				
Irrigation permanente . . .	120 000	—		
Nabari	115 000	—		
Qedi	40 000	—		
Total pour l'irrigation. .			1 805 000	hectares.
La surface cultivée par inondation est de.			615 000	—
Total général.			2 420 000	hectares.

[1] 100 000 hectares dans la région du canal Ibrahimieh et 20 000 hectares arrosés au moyen de pompes en dehors de cette région.

Les 40 000 hectares de cultures qédi sont comptés à la fois dans l'irrigation et dans l'inondation, ces deux modes de culture se succédant sur les mêmes terres. Les cultures qédi, étant alimentées par la nappe souterraine, n'entrent pas en ligne de compte dans le calcul des quantités d'eau à amener du Nil sur les terres ; on ne doit donc baser les calculs, à ce point de vue, que sur 1 765 000 hectares à pourvoir d'eau d'irrigation.

D'autre part, le nabari des bassins d'inondation ne comporte qu'une irrigation temporaire pendant quelques mois de l'année ; de telle sorte que l'irrigation permanente s'étend seulement sur une surface totale de 1 650 000 hectares.

Or, les terres d'irrigation permanente réclament des quantités d'eau variables suivant les saisons[1], soit :

Janvier, février et mars	0,220 litre par seconde et par hect. cultivable.	
Avril, mai, juin	0,247	— —
Du 1er au 15 juillet	0,357	— —
Du 16 juillet à fin octobre	0,687	— —
En novembre	0,302	— —
En décembre	0,220	— —

Quant au remplissage des bassins, il nécessite 200 millions de mètres cubes par jour pendant quarante jours, du 15 août au 25 septembre, soit 2 300 mètres cubes par seconde[2].

Enfin les terres cultivées en nabari ont besoin de 0,605 l. par hectare du 15 août à fin octobre.

Dans ces conditions, la demande d'eau actuelle de l'Égypte est donnée par le tableau ci-dessous.

MOIS	DÉBIT NÉCESSAIRE EN MÈTRES CUBES PAR SECONDE			
	Irrigation permanente.	Nabari.	Bassins.	Totaux.
	1 650 000 hect.	115 000 hect.	615 000 hect.	2 380 000 hect.
Janvier, février, mars	360	»	»	360
Avril, mai, juin	410	»	»	410
1er au 15 juillet	590	»	»	590
16 juillet au 15 août	1 130	70	»	1 200
15 août à fin septembre	1 130	70	2 300	3 500
En octobre	1 130	70	2 300	3 500
En novembre	500	»	»	500
En décembre	360	»	»	360

Si l'on compare ces demandes d'eau aux débits mensuels du Nil dans une année moyenne[3], on obtient les résultats suivants :

[1] Voir au chapitre VI page 122 et suivante.

[2] Voir au chapitre V page 99 et suivantes.

[3] Voir chapitre II page 31 et suivantes.

MOIS	VOLUMES EN MÈTRES CUBES PAR SECONDE		
	Débit du Nil.	Besoins d'eau.	Différence en plus.
Janvier	1 660	360	1 300
Février	1 210	360	850
Mars	900	360	540
Avril	610	410	200
Mai	480	410	70
Juin	510	410	100
Juillet	1 890	1 200	690
Août	7 180	3 500	3 680
Septembre	9 170	3 500	5 670
Octobre	6 310	3 500	2 810
Novembre	3 410	500	2 900
Décembre	2 250	360	1 890

Le débit moyen du Nil suffit donc aux conditions actuelles de la culture, d'autant plus que, parmi les terres de la Basse Égypte classées comme terres cultivables, il y en a une certaine quantité, autour des lacs ou sur les bords du désert, qui sont seulement dans une période de défrichement et qui ne prennent pas toute la part d'eau qui leur revient théoriquement.

Mais, si l'on considère une année de mauvais étiage, comme l'année 1900, où pendant les mois de mars, avril, mai et une partie de juin, le débit du Nil a à peine atteint 250 mètres cubes par seconde, on ne peut arriver à sauver les cultures d'été que par des mesures exceptionnelles qui consistent en suppression des cultures de riz et établissement, entre les périodes d'arrosage, d'intervalles de chômage d'une durée exagérée. Or, dans une période de trente ans, de 1871 à 1900, il y a eu 14 étiages pour lesquels la hauteur minimum du Nil a été de plus de 0,05 m. inférieure à la moyenne.

D'autre part, les besoins d'eau pour l'irrigation s'élèvent très rapidement de 410 mètres cubes par seconde, en juin, à 1 200 mètres cubes par seconde, en juillet; le débit moyen du Nil monte, il est vrai, au même moment, de 510 mètres cubes par seconde, en juin, à 1 890 mètres cubes par seconde, en juillet. Mais, si la crue est en retard, ou si le débit moyen du mois de juillet n'est, comme en 1899, que de 1 350 mètres cubes par seconde, le service des irrigations se trouve fort embarrassé, et est obligé, dans l'intérêt des cultures d'été, de retarder plus ou moins les semailles du maïs nili.

Par contre, pendant les mois de la crue et pendant les mois d'hiver, c'est-à-dire du mois d'août au mois de mars de l'année suivante, le débit du Nil est toujours supérieur aux besoins. Il y a, il est vrai, de mauvaises crues; mais ces crues sont dites mauvaises par le niveau peu élevé qu'elles atteignent, plutôt que par le manque de volume; car, dans l'état actuel de l'aménagement des bassins d'inondation, la hauteur des eaux dans le

fleuve est encore un élément essentiel d'un bon remplissage, malgré tous les travaux qui ont été exécutés pour remédier aux inconvénients de la faiblesse des crues.

Si donc on ne compte pas les trois mois de crue, août, septembre et octobre, pendant lesquels le régime des niveaux du fleuve doit être respecté tant que subsisteront les bassins d'inondation avec leurs moyens actuels d'alimentation, le tableau ci-dessus montre que l'excédent de débit des mois de novembre, décembre, janvier, février et mars donne, dans une année moyenne, un volume inutilisé d'une vingtaine de milliards de mètres cubes. Dans les plus mauvaises années, par exemple en 1899-1900, cet excédent de débit se trouve être encore de 5 400 000 000 de mètres cubes.

En 1890, le gouvernement égyptien commença à étudier les moyens pratiques de prélever une part de cette énorme masse d'eau et de la mettre en réserve en un point de la vallée, pour améliorer les conditions des cultures d'été pendant les mauvais étiages et pour étendre ces cultures, tant sur des terres aujourd'hui incultes faute d'arrosage, que sur des terres condamnées par le système de l'inondation aux seules cultures d'hiver.

HISTORIQUE DE LA QUESTION DE L'EMMAGASINEMENT DES EAUX DU NIL

L'idée d'emmagasiner les eaux de la crue du Nil est très ancienne. Les bassins d'inondation ne sont autre chose que des réservoirs créés, tout le long de la vallée, pour retenir les eaux pendant un certain temps sur les terres à fertiliser et les répandre ensuite, en cas de besoin, sur d'autres terres avant de les rendre au fleuve. Ce ne sont, il est vrai, que des réservoirs dont la durée d'action est très limitée, puisqu'elle ne s'exerce guère que deux mois en tout, mais ils n'en absorbent pas moins, même réduits à la Haute et à la Moyenne Égypte comme aujourd'hui, le cube considérable de 8 milliards de mètres cubes.

Le lac Mœris, qui recouvrait la plus grande partie de la dépression qui forme la province actuelle du Fayoum n'avait d'autre but que de détourner du Nil une partie des eaux de la crue, pour les restituer pendant les mois d'étiage, au profit de la Basse Égypte. Il formait une réserve très importante; couvrant une surface de 160 000 hectares et contenant une tranche d'eau qui, sur 3 mètres de hauteur, dominait la vallée du Nil, il permettait de rendre au fleuve, en tenant compte des pertes dues à l'évaporation, plus de 3 milliards de mètres cubes d'eau[1]. Les anciens égyptiens avaient donc compris l'importance du problème et en avaient trouvé une solution grandiose.

Quelques anciens réservoirs existent encore au Fayoum, mais de peu

[1] *The Fayum and Lake Mœris*, par le major Brown, R. E., 1892.

d'étendue ; le pays se prête mieux qu'ailleurs à leur établissement, à cause de ses pentes, et c'est probablement là un reste de tradition qui s'est perpétué depuis la disparition du lac Mœris.

Dans les temps modernes, le vice-roi Méhémet Ali avait chargé Linant bey d'examiner si on pourrait créer dans la Haute Égypte des réservoirs[1] ; c'est à cette occasion que cet ingénieur fit des recherches sur l'ancien lac Mœris. Il fit en même temps ressortir que, si l'on voulait créer des réserves d'eau de la crue, sur des terrains endigués, pour arroser les cultures d'été des terrains voisins pendant quatre mois et demi d'étiage, il faudrait, en tenant compte de l'évaporation et des infiltrations, une hauteur d'eau de 4,60 m. sur une surface égale au cinquième de la surface à irriguer. C'était impraticable dans ces conditions, du moment qu'il s'agissait d'établir de pareils bassins sur des terres cultivées, alors fertilisées chaque année par l'eau de crue.

Le seul réservoir qu'ait établi Méhemet Ali est un bassin de 4 000 hectares de superficie, formé par des digues en terre sur un terrain marécageux côtoyé par le canal Mahmoudieh ; se remplissant pendant la crue, ce bassin restituait son eau au canal pendant l'étiage.

En 1867, sir Samuel Baker avait signalé l'intérêt pour l'Égypte d'emmagasiner les eaux du Nil et de construire un réservoir à Assouan ; mais c'est surtout vers 1880 que l'attention du gouvernement égyptien fut de nouveau appelée sur la question de l'emmagasinement des eaux du Nil.

Après plusieurs années de recherches et d'exploration sur le Nil, un français, nommé de la Motte, fonda à Paris, à cette époque, sous les auspices de plusieurs notabilités égyptiennes, parmi lesquelles Nubar pacha, la Société d'études du Nil. Le but que poursuivait M. de la Motte, avec l'aide de cette société, était vaste : rétablir, tout le long du Nil, le régime qui paraît avoir existé avant que les seuils des diverses cataractes n'aient été usés et abaissés par la violence des courants, et créer ainsi une série de retenues destinées à régulariser le régime du fleuve et à rendre le gouvernement égyptien « enfin le maître des eaux du Nil ». Inspiré d'abord par des considérations d'ordre général historiques, ethnologiques et économiques, ce plan d'ensemble commença à se préciser lorsque la société d'études du Nil se mit à envisager les moyens de le réaliser. Entamant le programme d'aménagement du Nil par l'aval, elle résolut d'étudier le projet d'un barrage à Gebel Silsileh, point situé à 70 kilomètres au nord d'Assouan ; c'est l'endroit où la vallée franchit les dernières couches de grès pour entrer dans le calcaire. Là, le fleuve est resserré entre deux promon-

[1] Mémoires sur les principaux travaux publics en Égypte par Linant de Bellefonds bey, p. 418.

toires rocheux, son lit a 350 mètres de largeur. Un ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, L. Jacquet, fut envoyé par la société, dans l'hiver 1881-1882, pour visiter les lieux ; il présenta le 15 juillet 1882 un rapport avec indication sommaire des ouvrages qu'il proposait. C'étaient : un barrage plein, insubmersible, pouvant supporter 20 mètres de retenue, établi en travers du Nil ; le creusement dans le rocher d'un nouveau lit de 300 mètres de largeur fermé par un barrage mobile ; un déversoir latéral de 700 mètres de longueur sur la rive droite ; une dérivation éclusée pour la navigation et un canal d'irrigation sur la rive gauche. Gebel Silsileh avait été choisi par la société, en raison des conditions favorables d'exécution résultant de ce que le lit et les rives du Nil étaient constitués par un massif rocheux, mais aussi, et surtout, parce que, en amont de ce défilé, s'étend une vaste plaine, désignée sous le nom de plaine de Kom Ombo, sur laquelle on espérait former un réservoir de 140 000 hectares de superficie, pouvant contenir 7 à 8 milliards de mètres cubes d'eau. M. Jacquet terminait son rapport en conseillant d'entreprendre les études définitives nécessaires pour reconnaître si le projet était réellement pratique. Mais l'affaire resta là pour le moment.

En 1886, un américain, M. Cope Witehouse, signala, à 30 kilomètres du bord de la vallée du Nil, une vaste dépression nommée Ouady Rayan, située dans le désert, au sud-ouest du Fayoum, comme pouvant servir de réservoir d'emmagasinement. Le fond de cette dépression est à 42 mètres au-dessous du niveau de la mer, et, à l'attitude de 23 ou 24 mètres, cote minima nécessaire pour que l'eau mise en réserve sur cet emplacement puisse être déversée dans la vallée, elle a une superficie de 67 000 hectares. Les eaux de ce réservoir auraient pu être utilisées pendant l'étiage pour le Fayoum, la Basse Égypte et la province de Ghizeh.

Le Ministère des Travaux Publics, séduit par cette idée, en fit une première étude et conclut à la possibilité et à l'utilité de l'exécution, tout en déclarant que la situation financière et la nécessité de dépenser alors des sommes considérables pour le drainage de la Basse Égypte, ne permettaient pas d'envisager encore l'extension des cultures d'été par l'emmagasinement des eaux de crue.

La question restait ainsi stationnaire, lorsque M. Prompt, inspecteur général des Ponts et Chaussées, alors administrateur français des chemins fer égyptiens de l'État, imprima aux idées une nouvelle direction qui allait hâter la solution du problème.

En proposant l'Ouady Rayan comme réservoir, M. Cope Witehouse s'était manifestement inspiré du souvenir de l'ancien lac Mœris dont l'emplacement était tout voisin. En choisissant Gebel Silsileh, la société des études du Nil avait devant les yeux la vision de la vaste plaine de Kom

Ombo, qui devait former un nouveau lac Mœris traversé par le fleuve. Or, d'une part, l'Ouady Rayan, par sa situation géographique, ne peut être d'aucune utilité ni pour la Haute, ni pour la Moyenne Égypte, et, d'autre part, des nivellements avaient montré que la plaine de Kom Ombo était en général plus élevée qu'on ne l'avait d'abord espéré, et qu'un barrage en ce point aurait noyé la ville d'Assouan.

En février 1890, M. Prompt adressa au Ministère des Travaux Publics un rapport duquel il résultait que, en raison des faibles pentes du Nil, il suffisait de rechercher, dans le lit même du fleuve, des points convenables pour asseoir solidement un mur de réservoir, la vallée elle-même, avec sa largeur normale, formant en amont de ce mur, avec une retenue de 16 mètres de hauteur, un réservoir suffisant pour contenir un ou deux milliards de mètres cubes d'eau. Ainsi, dans cet ordre d'idées, pourvu que le sol fût bon à l'endroit du barrage, il n'était pas indispensable qu'en amont la vallée s'élargît de façon à former un lac (ce qui d'ailleurs semblait n'exister nulle part); car la retenue devait s'étendre en longueur jusqu'à 150 à 200 kilomètres vers le sud comme conséquence de la pente même de cette vallée[1]. Plusieurs de ces ouvrages pouvaient, d'après M. Prompt, se construire les uns derrière les autres, et il proposait d'en établir un à Kalabcheh, à 50 kilomètres en amont d'Assouan.

Les bases de l'étude des réservoirs du Nil se trouvant ainsi préparées, le Ministère des Travaux Publics, alors dirigé par sir Colin Scott Moncrieff, décida en 1890 la création d'un service spécial, sous la direction de M. l'ingénieur Willcocks, pour faire les recherches nécessaires, examiner les diverses solutions possibles et présenter un projet.

PROJETS DE M. WILLCOCKS; RÉSERVOIR D'ASSOUAN

Après quatre années de travail, M. Willcocks déposait, le 23 novembre 1894, un remarquable rapport dans lequel il faisait une monographie complète du Nil, exposait les besoins de l'irrigation dans l'hypothèse que la culture par inondation fût complètement supprimée, et comparait les avantages et les inconvénients de dix solutions différentes.

Les dix solutions examinées dans ce rapport sont les suivantes, en allant du sud au nord :

[1] Communications de M. Prompt à l'Institut Égyptien du 6 février et du 26 décembre 1891.

EMPLACEMENTS DES BARRAGES	HAUTEUR de retenue.	CAPACITÉ utile[1] en millions de mètres cubes.
	m.	m³.
Kalabcheh	22	1 800
—	25	2 560
Au sud de Philæ	25	2 650
—	28	3 580
Cataracte d'Assouan	19	900
— —	25	2 700
— —	28	3 700
Gebel Silsileh	20	2 390
—	24	3 510
Ouady Rayan	3	1 000

[1] La capacité utile est calculée en déduisant 5 à 7 p. 100 pour l'évaporation.

M. Willcocks considère qu'il n'y a pas d'autre endroit possible, en aval de Ouady Halfa, et donne la préférence à un barrage construit sur la cataracte d'Assouan avec une retenue de 28 mètres.

Quant aux quantités d'eau qu'il est nécessaire d'emmagasiner annuellement pour toute l'Égypte, supposée cultivée entièrement par irrigation, en y comprenant les terres actuellement incultes qui peuvent être défrichées, le Ministère des Travaux Publics les évaluait comme il suit :

Basse Égypte	1 550 000 000	mètres cubes.
Moyenne Égypte	950 000 000	—
Haute Egypte	1 160 000 000	—
Soit au total	3 660 000 000	mètres cubes.

à débiter en avril, mai, juin et juillet avec un débit normal de 320 mètres cubes par seconde, pouvant s'élever à 630 mètres cubes par seconde en juillet.

Ces projets, après avoir été examinés et discutés par sir William Garstin, sous-secrétaire d'état au Ministère des Travaux Publics, furent soumis à une commission internationale composée d'un ingénieur anglais, sir Benjamin Baker, vice-président de l'institut des ingénieurs civils de Londres ; d'un ingénieur italien, M. G. Torricelli, professeur d'irrigation et d'assainissement à l'école supérieure d'agriculture de Portici, et d'un ingénieur français, M. Boulé, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Cette commission se réunit en février 1894 et déposa son rapport en avril.

Le réservoir de l'Ouady Rayan fut écarté, comme nécessitant des canaux considérables pour amener les eaux et pour les décharger dans la vallée du Nil, comme exigeant un délai très long, peut-être dix années, pour être rempli jusqu'à la cote où il devient utile, comme pouvant donner lieu à des infiltrations dans le Fayoum et enfin comme ne pouvant être utilisé que pour la Basse Égypte. La commission se prononça en faveur d'un barrage

construit dans le Nil même, avec des ouvertures pourvues de vannes et capables de laisser passer les plus fortes crues ; elle condamna toute construction d'un barrage plein avec déversoir latéral, considérant que cette dernière solution était de nature à amener un prompt envasement du réservoir.

L'emplacement de Silsileh fut rejeté, parce que la roche de grès qui se trouve en cet endroit, traversée par des couches d'argile, ne paraissait pas assez solide pour résister aux pressions des retenues proposées.

Il en fut de même pour Kalabcheh, parce que la trop grande profondeur du lit du fleuve (22 mètres en basses eaux) rendait la construction difficile et que le peu de largeur du chenal ne permettait pas de donner au barrage assez de développement pour l'écoulement des crues.

Le granit à Philœ fut trouvé trop fissuré.

Enfin, l'emplacement préconisé par M. Willcocks, au sud de la cataracte d'Assouan, fut reconnu par la commission comme satisfaisant aux principales conditions jugées nécessaires, qui sont : un rocher de fondation solide et compacte, un lit assez large pour qu'on puisse ménager dans le barrage les pertuis nécessaires à l'écoulement des crues sans vitesse exagérée, des chenaux peu profonds pour diminuer les difficultés de l'exécution.

La commission recommandait, en principe, que la hauteur maxima d'un barrage percé d'ouvertures ne dépassât pas 35 mètres avec une retenue maxima de 25 mètres.

Il semblait résulter des conclusions de la commission que le projet qui allait être réalisé serait un barrage, établi sur la crête de la cataracte d'Assouan, avec une retenue de 25 mètres, donnant pour le réservoir une cote d'altitude de 115 mètres au-dessus du niveau de la mer et une capacité utile de 2 700 000 000 mètres cubes. Mais cette retenue noyait presque entièrement les superbes monuments qui couvrent l'île de Philœ. Une grande agitation se produisit, dans le monde des savants et des artistes, contre le manque de respect des ingénieurs pour les vestiges du passé, et finalement, cédant à cette pression, on adopta pour le niveau maximum du réservoir la cote 106 mètres, soit une retenue de 20 mètres sur le barrage avec une capacité totale de 1 065 000 000 mètres cubes. C'est ce projet qui vient d'être exécuté.

Même avec ce niveau réduit, l'eau baigne tous les monuments de l'île de Philœ pendant trois ou quatre mois par an, sur une hauteur de deux ou trois mètres, sauf le grand temple d'Isis qui reste toujours à sec. Une somme de 580 000 francs a été affectée à des travaux de consolidation de ces antiques constructions, qui ont été reprises en sous-œuvre dans toutes les parties qui ne reposaient pas directement sur le roc.

Le barrage comporte un canal de navigation avec écluses sur la rive gauche.

Tout l'ouvrage fut achevé en décembre 1902 et a commencé à fonctionner pendant l'étiage de 1903. Mais il ne rend pas encore tous les services pour lesquels il a été projeté, l'ensemble des travaux nécessaires pour l'utilisation de l'eau emmagasinée n'étant pas encore terminé.

UTILISATION DES EAUX EMMAGASINÉES ; DÉPENSES ET BÉNÉFICES

Le principe du fonctionnement du réservoir d'Assouan, en ce qui concerne son remplissage et sa vidange, est le suivant : tous les pertuis, qui sont d'ailleurs établis dans le corps même du barrage, sont largement ouverts pour l'écoulement de la crue, depuis le moment où elle commence à se faire sentir jusqu'au moment où les eaux deviennent plus claires, c'est-à-dire dans le courant de novembre ; on règle alors les vannes de façon à ce que le réservoir se remplisse durant les mois de novembre, décembre, janvier et février, le surplus du débit du Nil, en quantité suffisante pour les besoins de l'agriculture et de la navigation, continuant à passer en aval du barrage par ceux des pertuis qui restent encore ouverts ; puis, dans les mois suivants, jusque vers le 15 juillet, on restitue au Nil le supplément d'eau indispensable aux cultures, et le réservoir se vide de telle sorte que, lorsque le flot des eaux limoneuses arrive, il trouve le lit du fleuve débarrassé, prêt à le recevoir et ne lui présentant d'autre obstacle que la section rétrécie des pertuis du barrage, calculée pour débiter les crues ordinaires avec une charge de 2 mètres et les plus fortes crues avec une charge de 4,25 m.

Ainsi l'eau emmagasinée est lâchée directement, au moment voulu, dans le Nil, qui la porte jusqu'aux prises des grands canaux d'arrosage.

La quantité d'eau à réserver pour une année et pour toute l'Égypte, supposée cultivée entièrement par irrigation, étant évaluée à 3 660 000 000 mètres cubes et le réservoir d'Assouan n'en pouvant contenir que 1 065 000 000, il a fallu décider comment et sur quelles régions du pays on utiliserait cette eau.

Une partie est destinée à la conversion en cultures d'irrigation de 190 000 hectares de bassins d'inondation situés dans la Moyenne Égypte, entre Assiout et le Caire, sur la rive gauche du Nil ; ce qui représente, dans les mauvaises années, un volume de 410 000 000 mètres cubes à ajouter au débit du fleuve pendant les mois d'avril, mai, juin et juillet.

Des 655 000 000 mètres cubes restants, 205 000 000 mètres cubes doivent être consacrés à permettre la culture sucrière sur 80 000 hectares de bassins dans la Haute Égypte, au moyen de pompes à vapeur ; quant au surplus, il sera réservé pour les usages suivants : développer dans le Fayoum les cultures d'été, qui ne couvrent aujourd'hui qu'un cinquième du territoire ;

assurer pendant les étiages bas un arrosage suffisant aux cultures de coton de la Basse Égypte ; mettre en valeur dans la Basse Égypte et dans le Fayoum 80 000 hectares environ de terres aujourd'hui stériles faute d'eau, notamment autour des lacs et sur les bords du désert.

La répartition de l'eau du réservoir d'Assouan serait donc à peu près la suivante :

Haute Égypte	205 000 000	mètres cubes.
Moyenne Égypte	460 000 000	—
Basse Égypte et Fayoum	350 000 600	—
Total	1 015 000 000	mètres cubes.

à ajouter :

Pertes par évaporation et absorption 5 p. 100	50 000 000	mètres cubes.
Total	1 065 000 000	mètres cubes.

chiffre égal à la capacité du réservoir.

L'utilisation des eaux destinées à la Haute et à la Basse Égypte n'exige pas la construction d'ouvrages spéciaux importants, mais il n'en est pas de même pour la Moyenne Égypte. L'irrigation de cette dernière région est desservie par le canal Ibrahimieh qui, après les travaux de transformation des bassins à supprimer, arrosera 425 000 hectares, y compris le Fayoum, et alimentera en outre, pendant la crue, 30 000 hectares maintenus à l'état de bassins sur la rive gauche du Bahr-Yousef. On ne pouvait songer à laisser cette importante artère dans l'état où elle se trouvait, à la merci des fluctuations du niveau du fleuve. Aussi en même temps qu'on construisait le réservoir d'Assouan, on établissait, en tête du canal Ibrahimieh, un ouvrage de prise, composé de neuf arches de 5 mètres, avec écluse accolée de 50 mètres de longueur sur 9 mètres de largeur et, en travers du Nil, un grand barrage analogue à celui du Delta, comprenant cent onze ouvertures de 5 mètres, avec une écluse de navigation ayant 80 mètres de longueur et 16 mètres de largeur.

L'exécution de l'ensemble des travaux d'Assouan, du barrage du Nil à Assiout et de l'ouvrage de prise du canal Ibrahimieh coûta 85 millions de francs. En outre, la construction des canaux d'alimentation et de drainage des 190 000 hectares de la Moyenne Égypte, à aménager pour l'irrigation, peut être évaluée, y compris tous les ouvrages accessoires, à 50 millions. C'est donc une somme totale de 135 millions qui se trouve engagée dans cette opération.

Pour compenser les dépenses ainsi faites, le gouvernement égyptien a établi des taxes supplémentaires sur les terres de bassins qui profiteront du supplément d'eau fourni par le réservoir. Ces taxes annuelles sont fixées à 31 francs par hectare, pour les terres qui recevront l'eau au niveau du sol, et à 19 francs par hectare, pour celles sur lesquelles l'eau aura besoin d'être

élevée par des pompes[1]. Lorsque tous les travaux d'aménagement seront terminés, on peut estimer, d'après les surfaces indiquées plus haut, le produit annuel de ces taxes à plus de 7 millions de francs.

On peut se rendre compte approximativement, par des considérations générales, du bénéfice qui résultera de ces travaux pour le pays lui-même. Dans la Moyenne Égypte, les terres irriguées valent actuellement, en moyenne, 3 500 francs par hectare, et les terres des bassins 2 000 francs. C'est donc de 1 500 francs par hectare que s'augmentera le prix des terres des bassins converties en terres d'irrigation. Pour 190 000 hectares, cette plus-value représente une somme de 285 000 000 francs, et, en comptant un rendement net de 5 p. 100 (ce qui n'est nullement exagéré en Égypte), une augmentation de revenu annuel de plus de 14 000 000 francs, rien que pour la Moyenne Égypte, c'est-à-dire pour une partie seulement des terres qui profiteront du barrage d'Assouan.

EFFET SUR LE RÉGIME DU NIL PENDANT LA CRUE

Les 270 000 hectares de bassins qu'on est en train de transformer en terres d'irrigation dans la Haute et la Moyenne Égypte, comme conséquence de la construction du réservoir d'Assouan, absorbaient en quarante jours, pendant la crue, un volume total de 3 500 000 000 de mètres cubes d'eau représentant en moyenne par jour 11 p. 100 du débit total du Nil au mois de septembre d'une année moyenne. Cette quantité d'eau ne sera plus à l'avenir détournée du lit du Nil en août et septembre; mais, par contre, elle ne lui sera plus restituée en masse au moment ordinaire de la vidange, c'est-à-dire en octobre. Il en résultera une certaine modification dans le régime actuel des crues du Nil au Caire et dans la Basse Égypte. M. Willcocks, qui avait étudié la question dans son rapport de 1894 relatif aux projets de réservoirs, et qui envisageait la suppression complète des bassins d'inondation dans toute l'Égypte, arrivait à la conclusion suivante, parfaitement justifiée par ses calculs.

Les très hautes crues, pour le Caire, seront en avance de quinze jours sur l'époque actuelle, elles ne s'élèveront pas davantage et elles décroîtront quinze jours plus tôt qu'elles ne le font aujourd'hui. Avec de basses crues, il n'y aura pas de différence appréciable pour ce qui est de la date, mais elles accuseront une hauteur légèrement supérieure au Caire. Dans les crues ordinaires, il y aura une avance de vingt à vingt-cinq jours à l'égard de la date du maximum de crue, et une hauteur d'eau maxima au Caire de 50 à 60 centimètres inférieure à la hauteur maxima à Assouan.

Comme, d'après les projets en cours d'exécution, on ne supprime pour le

[1] 50 et 30 piastres par feddan.

du Delta

CAIRE
C.25k.

des travaux

MOYEN

Echel

Ayat
78k.

NCE DE GHIZEH

moment qu'une partie des bassins, l'effet sur le régime du Nil sera moins marqué ; il est du reste difficile de faire des prévisions tout à fait exactes à ce sujet. On voit en tout cas, sans entrer dans des considérations plus approfondies, que la modification du régime du Nil ne sera pas dangereuse pour l'Égypte.

AMÉNAGEMENT DES BASSINS DE LA MOYENNE ÉGYPTE POUR L'IRRIGATION

Pendant qu'on construisait les grands ouvrages d'Assouan et d'Assiout, le service des irrigations étudiait et commençait à exécuter les travaux nécessaires pour recevoir l'eau d'irrigation sur les superficies, jusqu'alors aménagées en bassins d'inondation, qu'on avait décidé de transformer.

Le système des bassins d'inondation doit être conservé dans la Moyenne Égypte, depuis Assiout jusqu'à Dérout, point où se trouvent les premiers ouvrages de distribution du canal Ibrahimieh, et aussi sur la rive gauche du Bahr Yousef (voir pl. VII). Il doit être supprimé dans toute la zone comprise entre le Bahr Yousef et les terres déjà irriguées actuellement par le canal Ibrahimieh, ainsi que sur toute la rive gauche du Nil dans les provinces de Benisouef et de Ghizeh.

Les travaux à exécuter à cet effet se divisent en trois parties et comprennent :

La modification et l'amélioration des bassins de la rive gauche du Bahr Yousef, qui ne recevaient jusqu'à présent qu'une inondation incomplète et précaire, au moment où ce cours d'eau était gonflé par la vidange des bassins d'amont et des bassins latéraux ;

L'aménagement pour la culture par irrigation de 190 000 hectares de bassins sur la rive droite du Bahr Yousef et dans les provinces de Benisouef et de Ghizeh ;

L'élargissement du canal Ibrahimieh, à partir de Dérout, et son prolongement, pour lui permettre de satisfaire aux nouveaux besoins ainsi créés.

Parmi ces travaux, les uns sont déjà terminés, d'autres sont en cours d'exécution, d'autres à l'état de projets approuvés et enfin un certain nombre à l'état d'étude générale seulement. Nous nous bornerons à en indiquer les lignes principales.

L'amélioration des bassins de rive gauche du Bahr Yousef a consisté surtout dans l'établissement de digues, d'ouvrages de prise et d'ouvrages régulateurs. Elle a conduit également à établir sur ce canal trois grands barrages, ayant chacun vingt arches de 3 mètres et une écluse, échelonnés le long de son cours à Nazlet el Abid, à Sakoulah et à Mazoura (fig. 45). Le Bahr Yousef servira à alimenter pendant la crue les bassins conservés sur sa rive gauche, à donner l'eau d'irrigation toute l'année au

Fayoum, ainsi qu'à la région de la vallée du Nil qui s'étend au nord de son débouché dans cette province, jusqu'à la hauteur même du barrage du



Fig. 45. — Barrage avec écluse de Nazlet el Abid sur le Bahr Yousef.

Delta. Enfin il continuera à être utilisé pour la vidange des bassins situés au sud de Dérout et pour les bassins de sa rive gauche ; l'évacuation de ces eaux dans le Nil s'opérera, comme aujourd'hui, par le grand déversoir de

Kocheicha ; un large chenal sera réservé, en cet endroit, entre le Bahr Yousef et la rive du fleuve, coupant ainsi de part en part le territoire d'irrigation.

Les bassins transformés, à l'est du Bahr Yousef, seront arrosés par quatre grandes dérivations du canal Ibrahimieh, les canaux Déroutieh, Sabakah, Sultani et Kocheicha. Au nord du déversoir de Kocheicha, l'irrigation se fera par le canal Ibrahimieh lui même, prolongé sur 40 kilomètres jusqu'à El Ayat, et par une dérivation du Bahr Yousef, partant en amont du pont El Lahoun, à l'entrée du Fayoum, et se dirigeant vers le nord jusqu'au point où s'arrêtera la transformation des bassins, probablement jusqu'à la prise du rayah de Béhéra. Le canal Ibrahimieh aura ainsi un parcours total de 320 kilomètres, et le Bahr Yousef de 400 kilomètres.

Le drainage de toute la région irriguée comprise entre le Nil et le Bahr Yousef, depuis Dérout jusqu'à la hauteur de Fechn, sera assuré par un grand colateur principal de 150 kilomètres de longueur, longeant toute la vallée et aboutissant dans le Bahr Yousef en aval du barrage de Mazoura. Ce drain communiquera avec le Nil par trois canaux de déversement à Charanah, à Etsa et à Fechn. Pendant l'étiage, les eaux de drainage se déverseront dans le Nil par ces trois derniers canaux. Dans la saison où le Nil sera trop haut pour les recevoir par écoulement naturel, elles seront envoyées dans le Bahr Yousef, dont le niveau pourra être maintenu, pendant une certaine période de la crue, au moyen du régulateur de Mazoura, assez bas pour cela. Enfin, quand le Bahr Yousef arrivera à être trop élevé, les eaux de drainage seront de nouveau rejetées dans le Nil, au moyen de pompes établies à l'embouchure des trois canaux de déversement. Une de ces usines élévatoires est déjà installée à Etsa.

Au nord de Fechn, l'asséchement des terres se fera probablement au moyen d'un autre canal de drainage traversant en siphon le chenal de Kocheicha et aboutissant au Nil après 170 kilomètres de parcours, dans la province de Béhéra, à la hauteur de la prise du canal de Katatbeh, où l'écoulement pourrait avoir lieu en tout temps dans le fleuve par gravitation. Mais cette dernière partie du programme n'est encore qu'à l'état de première étude.

Une fois tous ces projets exécutés, le tronc principal du canal Ibrahimieh, entre sa prise et Dérout, aura à débiter l'eau nécessaire à l'arrosage de toutes les terres irriguées dépendant de tous les canaux qui ont leur prise à Dérout, ce qui représente :

Pour l'Ibrahimieh.	200 000	hectares.
— le Déroutieh.	32 000	—
— le Sahelieh	8 000	—
— le Bahr Yousef.	185 000[1]	—
Total.	425 000	hectares.

[1] Y compris le Fayoum.

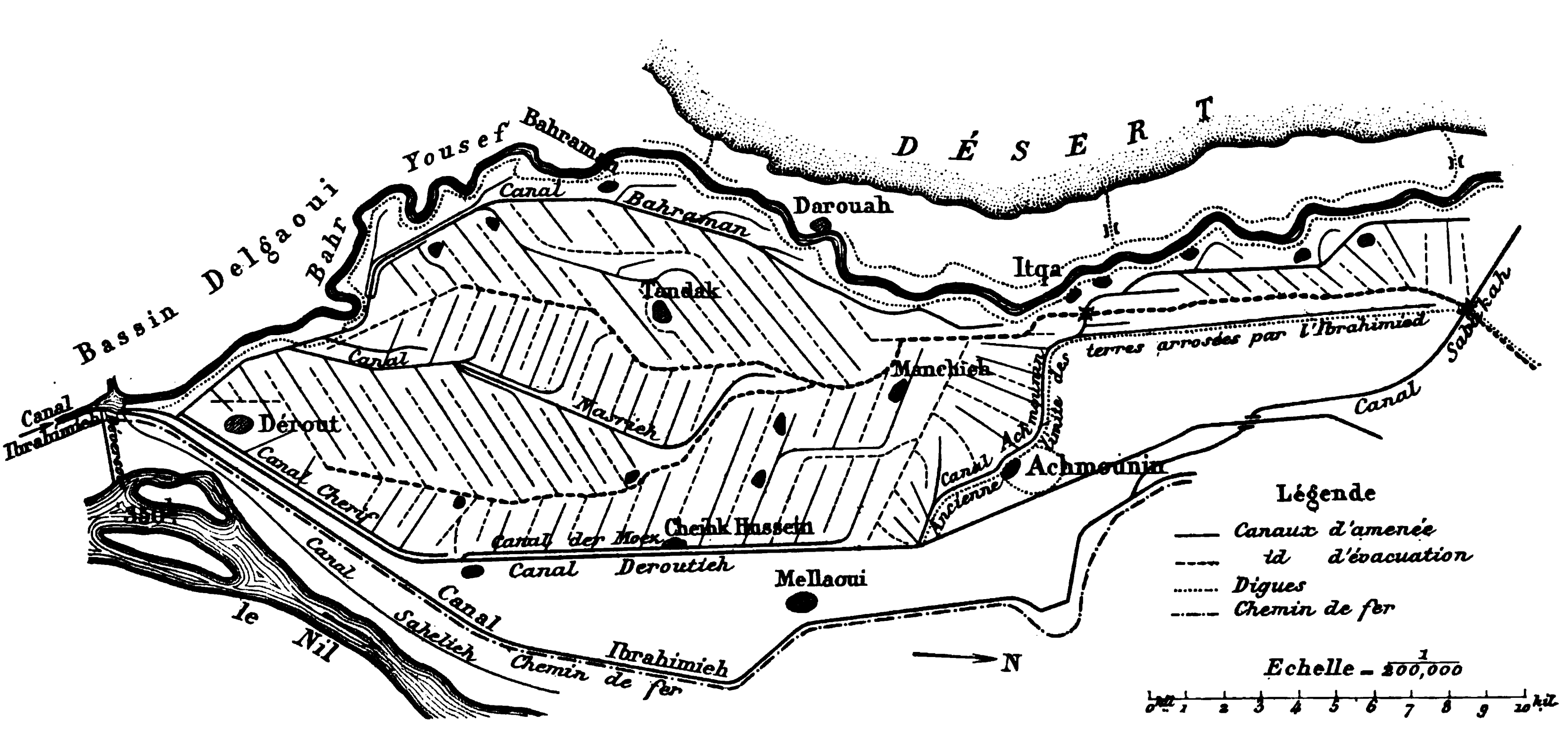


Fig. 46. — Transformation des bassins Achmounin et Itqa pour l'irrigation.

La section du canal jusqu'à Dérout sera suffisante, telle qu'elle est, par suite de la retenue du barrage du Nil à Assiout; mais, en aval de Dérout, il faut augmenter considérablement la capacité de ce canal, qui doit être mise en état de porter un débit minimum de 46 mètres cubes par seconde en étiage et un débit maximum de 142 mètres cubes. On est en train de porter à cet effet à 49 mètres la largeur du plafond avec talus à 2 de base pour 1 de hauteur.

Les travaux d'aménagement pour l'irrigation des territoires de la Moyenne Égypte, antérieurement occupés par des bassins d'inondation, présentent ce caractère que, à l'exception de la grande artère d'alimentation, tous les canaux d'arrosage et de drainage sont à créer. Les ingénieurs peuvent donc, dans l'élaboration des projets, appliquer les résultats de l'expérience acquise, sans être obligés de tenir compte, comme dans le Delta, des conditions antérieures.

Les principes adoptés sont : l'irrigation sans machines élévatoires, par des canaux coulant au niveau des terres, et le drainage très développé, avec pompes s'il y a lieu. La figure 46 montre comment ces arrangements sont exécutés dans une partie de la province d'Assiout, qui a été terminée en 1900 et qui est située juste au nord de Dérout. Le terrain est coupé par des canaux de distribution, parallèles autant que les reliefs du sol le permettent, espacés de 1 000 mètres environ et longs de 2 à 4 kilomètres ; entre chacun de ces canaux sont tracées des rigoles de drainage formant ainsi un réseau d'évacuation symétrique par rapport au réseau d'alimentation. Des prises d'eau sont établies sur les canaux d'arrosage, aux frais du gouvernement, tous les 400 mètres pour l'alimentation des rigoles particulières.

Sur la surface de 23 400 hectares qui est représentée dans la figure 46, l'aménagement des canaux et des drains comporte les ouvrages suivants :

Canaux de 4,50 m. à 2 m. de largeur à la prise	70,6	kilomètres.
Rigoles de 1,30 m. à 0,50 de largeur à la prise.	179,6	—
Drains de 4,25 m. à 1,40 m. de largeur à l'extrémité aval. .	53,5	—
Rigoles de drainage de 1 m. à 0,40 m. de largeur à l'extrémité aval.	73,6	—
Longueur totale des canaux et drains	377,3	kilomètres.

La dépense s'est élevée à 144,30 fr. par hectare ; ce chiffre ne comprend pas les travaux de modification du canal Ibrahimieh, la station élévatoire d'Etsa, ni la construction des grandes artères de drainage, tous ouvrages qui servent aussi à d'autres territoires, mais seulement les travaux de canalisation exécutés pour desservir exclusivement la surperficie même des bassins transformés.

CHAPITRE X

ÉLÉVATION MÉCANIQUE DES EAUX D'ARROSAGE

Considérations générales. — Nataleh. — Vis d'Archimède. — Chadouf. — Sakieh. — Tabout, tympan. — Roue hydraulique à palettes. — Pompes à vapeur. — Charges résultant pour l'agriculture de l'élévation mécanique de l'eau. — Formalités relatives à l'installation des machines élévatoires. — Grandes usines élévatoires. — Usines élévatoires appartenant au Gouvernement.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

L'élévation mécanique des eaux d'arrosage est un facteur très important de l'irrigation égyptienne.

Dans l'ensemble du pays, en laissant de côté les petits appareils mus à bras d'homme, faciles à déplacer, dont le nombre est considérable, on compte environ 109 000 machines élévatoires actionnées par la vapeur, par les animaux ou par l'eau, et réparties comme il suit :

	POMPES A VAPEUR		NORIAS, TYMPANS, roues diverses.
	Nombre.	Force en chevaux.	
Basse Égypte	3 777	18 050	80 610
Haute et Moyenne Égypte	189	2 500	23 195
Fayoum	9	60	1 050
TOTAUX	3 975	20 610	104 855

Ce coûteux outillage est rendu nécessaire par les conditions de niveau dans lesquelles est distribuée l'eau d'arrosage.

Considérons d'abord les terres hautes, riveraines du Nil, qui s'alimentent dans le lit même du fleuve. En temps de bonne crue, elles peuvent être irriguées à niveau ; mais, pendant la baisse des eaux, il n'en est plus de même. C'est presque toute l'année que les machines élévatoires doivent fonctionner pour les terres de cette catégorie.

Prenons, d'autre part, des terres situées dans l'intérieur de la Basse Égypte, arrosées par des canaux qui reçoivent leur eau d'une prise faite dans le Nil, en amont du barrage du Delta.

Dans l'établissement de ces canaux, on a cherché avant tout à régler les sections et les pentes, de telle sorte que l'énorme masse d'eau que demande l'agriculture, au moment de la crue, puisse être répandue sur les terres par gravitation, sans élévation mécanique. Ce premier but atteint, on ne s'est pas attaché à le réaliser pour tout le reste de l'année ; on s'est contenté de prendre les dispositions nécessaires pour que, avec les eaux basses et moyennes, les niveaux relatifs des canaux et du sol rendissent pratiquement possible l'élévation mécanique. Il en est résulté que, presque partout, il faut recourir aux pompes ou à d'autres machines pendant une grande partie de l'année pour irriguer; les régions un peu éloignées de la pointe du Delta sont naturellement celles qui se trouvent dans les meilleures conditions, au point de vue de la durée et de la hauteur d'élévation, puisque la pente généralement adoptée pour les canaux est moindre que celle de la vallée.

De grandes améliorations ont déjà été apportées à cet état de choses par les relèvements successifs de la retenue du Barrage et par la construction de nombreux ouvrages régulateurs le long des canaux ; mais le pas décisif ne sera fait que lorsque, par l'extension du réseau de drainage jusque sur les rives mêmes des canaux d'arrosage et jusque sur les terres les plus hautes, on ne craindra plus les infiltrations résultant de plans d'eau maintenus au-dessus du niveau du sol. Le temps amènera certainement ce dernier perfectionnement, lorsqu'on aura pu dépenser les sommes nécessaires à cet effet, et surtout lorsque, par suite de l'augmentation croissante de la valeur vénale des terres et de la diminution progressive du prix des produits agricoles, le fellah réclamera l'abolition de l'élévation mécanique de l'eau, qui constitue une lourde charge pour lui.

A ce moment-là, on trouvera très probablement plus avantageux, tant au point de vue de l'économie, qu'au point de vue de la conservation de la fertilité des terres, de recevoir par gravitation l'irrigation, et de n'employer les machines élévatoires que pour se débarrasser, le cas échéant, des eaux de drainage, dont le volume est trois fois moindre que celui des eaux d'arrosage.

Dans la Haute Égypte, les conditions de l'élévation mécanique des eaux sont tout à fait différentes. La culture par submersion, qui est surtout pratiquée dans cette région, ne peut comporter que la fourniture de l'eau par gravitation. Les pompes à vapeur ne sont guère employées que sur les bords du Nil, pour l'arrosage des terres isolées des bassins d'inondation par des digues et cultivées par irrigation. Ces terres forment en général de

vastes domaines et sont alimentées par de puissantes usines. Les machines à vapeur sont aussi employées, dans la Moyenne Égypte, le long du bief supérieur du canal Ibrahimieh ; elles le sont encore pour l'arrosage des cultures permanentes, enclavées dans les bassins d'inondation, sur certains points des bords du Bahr Yousef. Dans la plus grande partie de la région arrosée par l'Ibrahimieh, l'eau est délivrée au niveau du sol.

Quant aux appareils mus par l'homme ou par les animaux, ils sont surtout utilisés, dans la Haute et la Moyenne Égypte, pour les petites élévations d'eau de la région du canal Ibrahimieh, pour l'arrosage des cultures nabari (maïs ou doura) pratiquées sur les berges du Nil pendant la crue, et pour les cultures qédi (maïs ou doura) faites dans les points bas des bassins au moyen des eaux de la nappe souterraine, avant l'époque de la submersion.

Enfin, dans le Fayoum, la situation est encore différente, par suite des pentes plus fortes du terrain ; on n'y compte que fort peu de machines d'arrosage, dont la plus grande partie est mise en mouvement par le courant même des canaux.

Les divers appareils élévatoires employés en Égypte sont mus par l'homme, par les animaux, exceptionnellement, et au Fayoum seulement, par l'eau, enfin par la vapeur.

L'homme manœuvre le nataleh, la vis d'Archimède, le chadouf; les animaux domestiques font tourner diverses espèces de sakiehs (norias), de tabouts (roues à augets) ou de tympans; l'eau, au Fayoum, actionne des norias ou des tabouts ; enfin la vapeur met en mouvement des pompes de différentes sortes.

Avant de passer à l'étude de ces diverses machines, nous rappellerons que, pour les canaux d'irrigation, on admet un débit continu de 0,605 l. par seconde et par hectare cultivé en coton. En comptant un arrosage tous les vingt jours, en moyenne, ce qui est considéré comme suffisant, le chiffre de 0,605 l. par seconde et par hectare équivaut à un volume d'eau de 1 045 mètres cubes par arrosage donné à un hectare. Comme ce chiffre comprend toutes les pertes par évaporation et par infiltration, depuis la prise au Nil des canaux jusqu'aux champs, nous pouvons dire que la quantité d'eau à élever, pour donner un arrosage à un hectare de terre planté en coton et situé dans le voisinage, sera de 800 à 900 mètres cubes. Nous prendrons ce volume comme base pour évaluer la puissance agricole des machines élévatoires.

NATALEH (fig. 47).

Cet instrument s'emploie lorsque la hauteur à laquelle l'eau doit être élevée est de 0,50 m. à 0,60 m. et ne dépasse pas un mètre, et lorsque

l'irrigation à niveau est fréquente ; il est facile et peu coûteux à installer et à déplacer. Il se compose d'un seau en cuir de 0,40 m. de diamètre et de 0,25 m. de profondeur, à bord circulaire rigide formé souvent d'une arête recourbée de feuille de palmier ; il est muni de quatre cordes en fibres de palmier. Pour l'employer, on entaille la berge du canal, de façon à faire une petite plate-forme de 1,50 m. environ de largeur, au



Fig. 47. — Nataleh.

niveau de l'eau ou un peu au-dessus de ce niveau, jusqu'où l'on pousse la rigole à alimenter, en ayant soin de terminer celle-ci par un bourrelet en terre recouvert d'une natte qui le consolide ; deux hommes se placent sur la plate-forme ; ils sont ou debout, ou appuyés sur deux petits monticules en limon desséché. Ils tiennent dans chaque main une des quatre cordes du seau en cuir et, leur imprimant un mouvement de balancement, lancent le seau dans le canal, le relèvent en rejetant le haut du corps en arrière, l'approchent de l'extrémité de la rigole et, chacun d'eux faisant avec les bras le mouvement du terrassier qui vide sa brouette sur le côté, déversent l'eau dans la rigole.

Un nataleh avec deux équipes de deux hommes, se relayant d'heure en heure, peut arroser en une journée de un sixième à un tiers d'hectare suivant la hauteur d'élévation.

VIS D'ARCHIMÈDE (fig. 48).

Pour les faibles hauteurs, on emploie également la vis d'Archimède. L'appareil est construit en bois ; il est muni d'un axe en fer, reposant à ses deux extrémités sur de petits cadres en bois ou sur de simples pieux fixés dans le sol ; en haut est une manivelle en fer qui est saisie par un ou



Fig. 48. — Vis d'Archimède.

deux hommes. Ces vis ont environ 1,80 m. de longueur sur 0,30 m. de diamètre. Avec deux hommes, elles font autant de travail que le nataleh avec quatre.

CHADOUF (fig. 49).

Lorsque la hauteur d'élévation dépasse un mètre, l'effort que les hommes sont obligés de développer pour soulever le panier du nataleh devient trop fatigant. On fixe alors le panier à un levier, qui permet d'augmenter l'amplitude de son mouvement, et l'on obtient ainsi un nouvel appareil, qu'on appelle *chadouf*, et qui suffit pour élever l'eau jusqu'à 3 mètres de hauteur.

Le chadouf se compose essentiellement de deux supports verticaux, de 1,20 m. de hauteur environ, écartés l'un de l'autre de 1 mètre, supportant à leur partie supérieure une traverse en bois à laquelle est suspendu un grand levier de 3 mètres environ de longueur ; des cordes en fibres de palmier et un

petit axe en bois forment l'assemblage de suspension du levier sur sa traverse; les deux supports verticaux sont généralement formés soit de branches d'arbres fourchues, soit de faisceaux de roseaux fichés verticalement dans le sol et consolidés au moyen d'un empâtement de limon desséché.



Fig. 49. — Chadouf.

A l'une des extrémités du levier pend un panier[1] analogue à celui du nataleh, attaché par l'intermédiaire d'une tige mobile de 2,50 m. environ de longueur et de cordes en fibres de palmier. A l'autre extrémité du levier est un contrepoids en terre séchée, assez pesant pour qu'il entraîne le panier rempli d'eau.

L'appareil est mis en place de façon à ce que le levier soit parallèle à la rigole à alimenter et perpendiculaire au canal d'amenée; une petite tranchée conduit l'eau de ce canal jusqu'au pied du chadouf, et l'homme chargé de manœuvrer l'appareil s'installe sur une étroite plate-forme établie à 1 mètre environ au-dessous de la rigole et formée soit d'un petit rebord en

[1] Ce seau en cuir est assez souvent aujourd'hui remplacé par un vieux bidon à pétrole en fer-blanc.

terre, soit de quelques branchages. Dans cette position, il pèse de son poids sur la tige de suspension du panier jusqu'à ce que celui-ci atteigne l'eau et soit rempli; le contrepoids agit alors pour faire remonter le panier jusqu'au niveau de la rigole dans laquelle l'homme le vide par un mouvement de bascule.

Parfois, dans certains endroits éloignés du Nil et des canaux, on utilise le chadouf pour puiser de l'eau d'irrigation dans des puits creusés jusqu'à 4 et 5 mètres au-dessous du sol, mais ces hauteurs sont tout à fait exceptionnelles.

En général, lorsqu'on veut monter de l'eau à plus de 2,50 m. de hauteur, on superpose deux chadoufs, chacun des appareils puisant l'eau dans le bassin où le chadouf inférieur l'a déjà élevée; pour plus de 4,50 m. on superpose trois chadoufs. Souvent, sur les bords du Nil, dans la Haute Égypte, le voyageur rencontre des ateliers de chadoufs fonctionnant ainsi sur des rangées de trois ou quatre de front et sur trois et même quatre étages différents; il est saisi de l'aspect pittoresque de tous ces leviers montant et descendant lentement en cadence, sous l'impulsion régulière que leur impriment des nègres ou des fellahs bronzés du soleil, presque nus, ruisselants d'eau et maintenus en haleine par le chant nasillard que pousse de temps en temps l'un des travailleurs et qui se mêle au bruissement de l'eau qui tombe.

Comme le nataleh, le chadouf est d'une installation tellement simple qu'il peut s'établir où l'on veut et se déplacer avec la plus grande facilité et, pour ainsi dire, sans frais; deux paquets de tiges de maïs ou de roseaux, deux bâtons, un peu de corde, un panier et un peu de cuir sont les matériaux qui le composent; tout fellah les possède et le limon du Nil suffit pour les mettre en œuvre.

Le mouvement du chadouf est lent; un homme n'élève guère à 1 mètre de hauteur moyenne que dix paniers par minute; à 10 litres par panier, cela fait 100 litres par minute et 6 mètres cubes à l'heure. Un homme travaille au chadouf à peu près deux heures de suite; on admet, en général, qu'un appareil avec deux hommes arrose, en douze heures, 4 à 500 mètres carrés et qu'il suffit pour desservir un demi-hectare de culture.

Des nombreuses observations faites, sur ce sujet, par les ingénieurs de l'expédition française d'Égypte, il résulte que le travail produit par le fellah avec le chadouf est de 330 kilogrammètres en moyenne par minute, tandis que l'action dynamique d'un homme de force moyenne, élevant des poids avec une corde et une poulie et faisant ensuite descendre la corde à vide, est considérée ordinairement comme n'étant que de 216 kilogrammètres pendant le même temps. Le chadouf utilise donc d'une manière avantageuse la force musculaire du travailleur.

SAKIEH (fig. 50).

Pour des hauteurs supérieures à 3 mètres, le chadouf est une machine

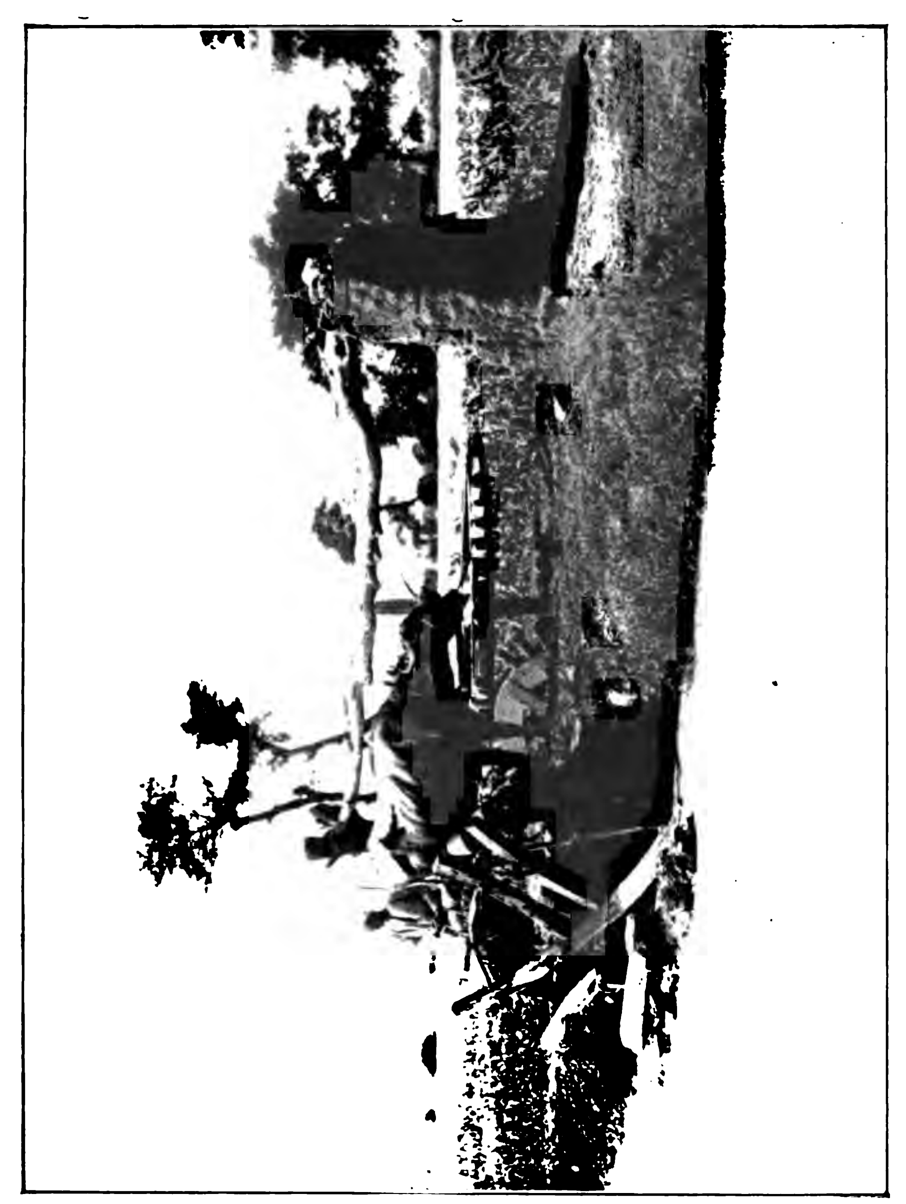


Fig. 50. — Sakieh.

onéreuse, aussi emploie-t-on plus fréquemment, dans ce cas, une sorte de noria qui est appelée *sakieh.*

La sakieh est très répandue en Égypte ; elle est disposée de la façon suivante : une roue en bois de 1,50 m. environ de diamètre est garnie d'al-

luchons de 20 centimètres de longueur; l'arbre de cette roue est vertical ; il porte à la partie inférieure, au-dessous du niveau du sol, sur une crapaudine grossière formée de pièces de bois juxtaposées et il est assemblé par des cordes, d'une façon invariable, avec un levier horizontal de 3 mètres de longueur qui, mis en mouvement par un bœuf ou un autre animal, entraîne dans sa rotation la roue horizontale. L'extrémité supérieure de l'axe vertical passe dans un tourillon grossièrement fait en fer ou en bois et fixé à une traverse horizontale de 6 à 7 mètres de longueur, dont les bouts reposent sur deux piliers en terre séchée, en briques crues ou en maçonnerie, établis en dehors du manège sur lequel marche l'animal moteur. Souvent l'arbre vertical de la roue est formé par une forte branche non équarrie et se bifurquant en haut en forme de grande fourche, dont les deux bras facilitent la liaison avec le levier horizontal du manège. Parfois, pour de petites sakiehs, la traverse supérieure est supprimée, l'arbre est alors maintenu vertical au moyen de pièces de bois horizontales établies au niveau du sol.

La roue horizontale engrène une route dentée verticale en bois, de 1 mètre environ de diamètre, portant des alluchons analogues à ceux de la roue horizontale et dont l'arbre passe au-dessous du niveau du sol, sous le manège, et porte à son autre extrémité une roue de 1,50 m. à 2 mètres de diamètre qui supporte la chaîne de la noria. Cette chaîne est simplement formée par une échelle de corde portant des pots de terre cuite espacés de 50 centimètres environ, qui s'élèvent pleins d'eau jusqu'au sommet de la roue et se déversent dans une auge placée latéralement.

En résumé, la sakieh se compose d'un manège mettant en mouvement un engrenage à lanterne qui entraîne une roue verticale portant une chaîne de noria. Tout l'appareil est grossièrement fait, avec les bois d'acacia ou de sycomore tout tordus qu'on trouve dans le pays et qui sont employés à peine équarris. Aussi la présence d'une sakieh s'annonce de loin par un grincement continu, dont la plainte incessante, s'élevant dans le calme de la plaine ou troublant le silence de la nuit, marque l'effort au prix duquel l'homme apporte la fertilité à la terre desséchée.

Souvent les sakiehs sont installées sur le bord du Nil ou des grands canaux, pour ainsi dire, provisoirement ; la terre de la berge leur sert de fondations, le puits dans lequel descend la noria a ses parois verticales creusées dans le limon ; il est simplement masqué en partie par quelques branches recouvertes de terre sur lequelles passe l'animal qui fait tourner le manège ; les supports de la traverse supérieure sont dans ce cas de simples massifs de terre.

Mais certaines sakiehs sont aussi établies à demeure soit sur des puits creusés au milieu des champs, soit sur le bord des canaux ; elles sont alors entourées d'arbres qui protègent les hommes et les animaux contre les

ardeurs du soleil; elles sont installées sur des massifs de maçonnerie; les puits des norias sont également maçonnés. Quelquefois on réunit ainsi deux, trois ou quatre norias aux angles d'un même puits. Ces puits sont

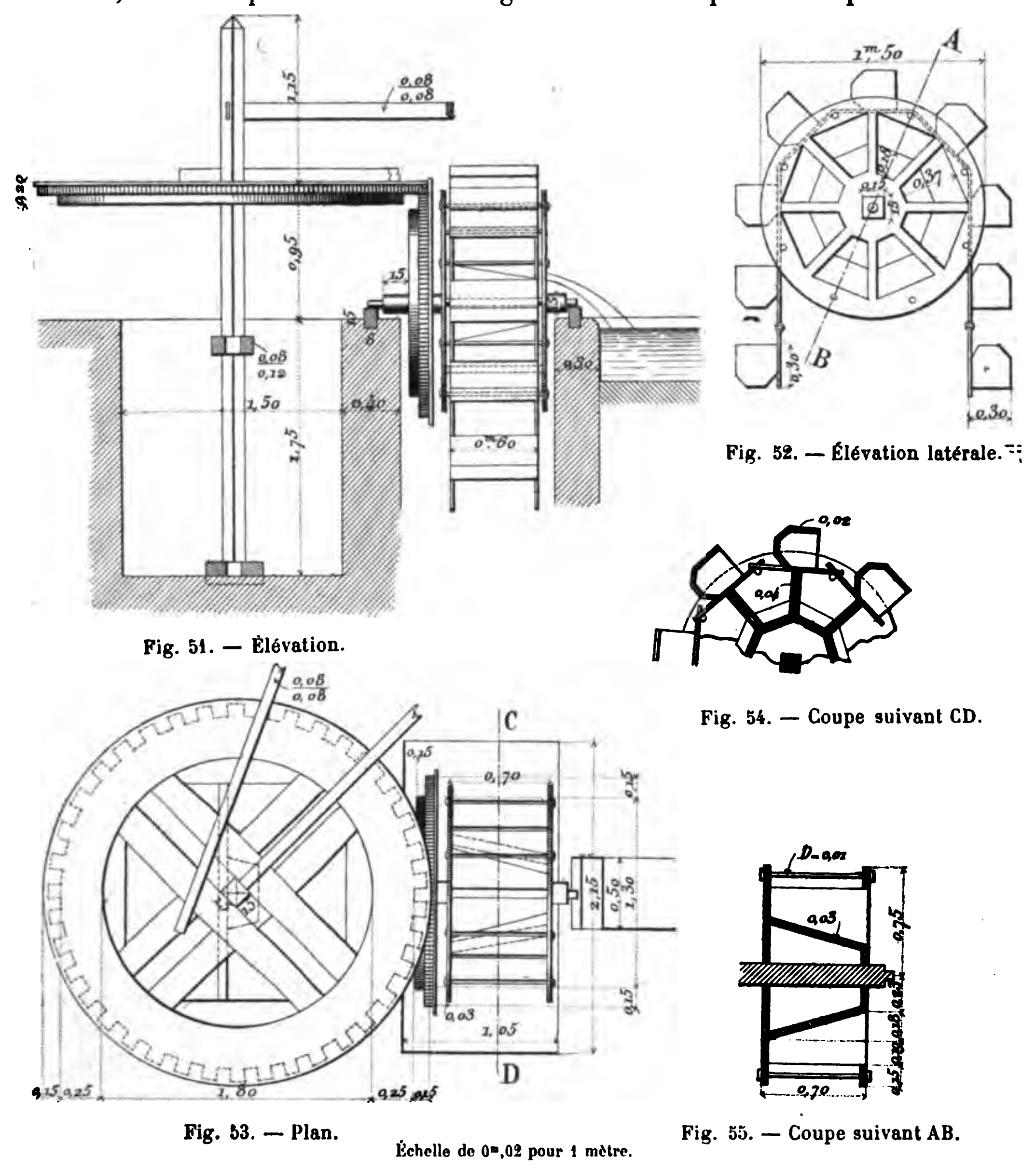


Fig. 51. — Élévation.

Fig. 52. — Élévation latérale.

Fig. 53. — Plan.

Fig. 54. — Coupe suivant CD.

Fig. 55. — Coupe suivant AB.

Échelle de 0m,02 pour 1 mètre.

Fig. 51 à 55. — Noria.

construits sur des rouets en bois au-dessous desquels on enlève la terre pour les faire descendre au fur et à mesure que la maçonnerie s'avance; ils sont en général en briques et sont recouverts partiellement de petites voûtes destinées à supporter les axes des norias et les auges de décharge.

Les grandes sakiehs sont attelées de deux bœufs, mais souvent on n'en emploie qu'un seul, ou un buffle, parfois un âne, parfois un cheval, quelquefois même un chameau. Les bœufs ou les buffles qui travaillent aux sakiehs sont relayés toutes les trois heures.

D'une série d'expériences rapportées dans l'ouvrage de l'expédition française en Égypte, il résulte que le volume des pots d'une sakieh étant de 1,60 litre et le poids d'un pot de 1 kilogramme à peu près, le débit de cette sakieh varie de 4 200 à 4 800 litres par heure, suivant la hauteur d'élévation, et cette hauteur atteint parfois 10 à 11 mètres. Mais le rendement de ces appareils est très variable; car, le volume des pots n'étant pas ordinairement mis en rapport avec la hauteur d'élévation, il en résulte que, pour de faibles différences de niveau, l'animal moteur n'est pas obligé de développer toute sa force. De plus, même pour des hauteurs de 10 et 11 mètres, le rendement est médiocre à cause de la grossièreté de la construction des engrenages et de l'ajustement fort imparfait des diverses parties du mécanisme. Ainsi, dans les expériences signalées ci-dessus, il a été reconnu qu'un cheval, faisant mouvoir une sakieh et élevant de l'eau à 10 mètres de hauteur, ne produisait que 718 kilogrammètres par minute; or la puissance d'un cheval attelé à un manège et tournant au pas est évaluée, en Europe, à 2430 kilogrammètres par minute; même en admettant une grande différence de force entre les chevaux d'Égypte et les chevaux d'Europe, on trouve donc que le travail de la sakieh est peu productif. Tandis qu'un bœuf peut donner normalement un travail de 2160 kilogrammètres par minute, il n'utilise avec une sakieh élevant l'eau à 10 mètres de hauteur qu'un travail de 700 kilogrammètres environ.

Ainsi, si la sakieh est un appareil peu coûteux comme construction et comme installation, elle est peu économique au point de vue du rendement. Elle présente d'ailleurs l'inconvénient d'élever l'eau, au moins en partie, jusqu'à une hauteur de 1 mètre à 1,50 m. au-dessus du point où elle doit être délivrée.

Les rendements qui viennent d'être indiqués sont plutôt théoriques. Dans la pratique du service des irrigations, on admet, pour la fixation de la durée des chômages pendant l'époque des rotations d'été dans la Basse Égypte, qu'une sakieh, établie dans les conditions moyennes de la région, avec une élévation d'eau de 3 à 4 mètres, peut débiter 300 mètres cubes en vingt-quatre heures, c'est-à-dire arroser un tiers d'hectare par jour. Pour travailler ainsi, elle a besoin de trois buffles et de deux hommes. On compte en outre qu'une sakieh peut desservir une superficie cultivable de 5 à 6 hectares dont une proportion de 30 à 40 p. 100 est cultivée en coton.

Dans quelques endroits de la Basse Égypte et au Fayoum, la sakieh a subi certains perfectionnements qui en ont fait un appareil plus écono-

mique ; les extrémités des axes et les coussinets ont été garnis de ferrures qui diminuent les frottements, et la chaîne des pots en terre a été remplacée

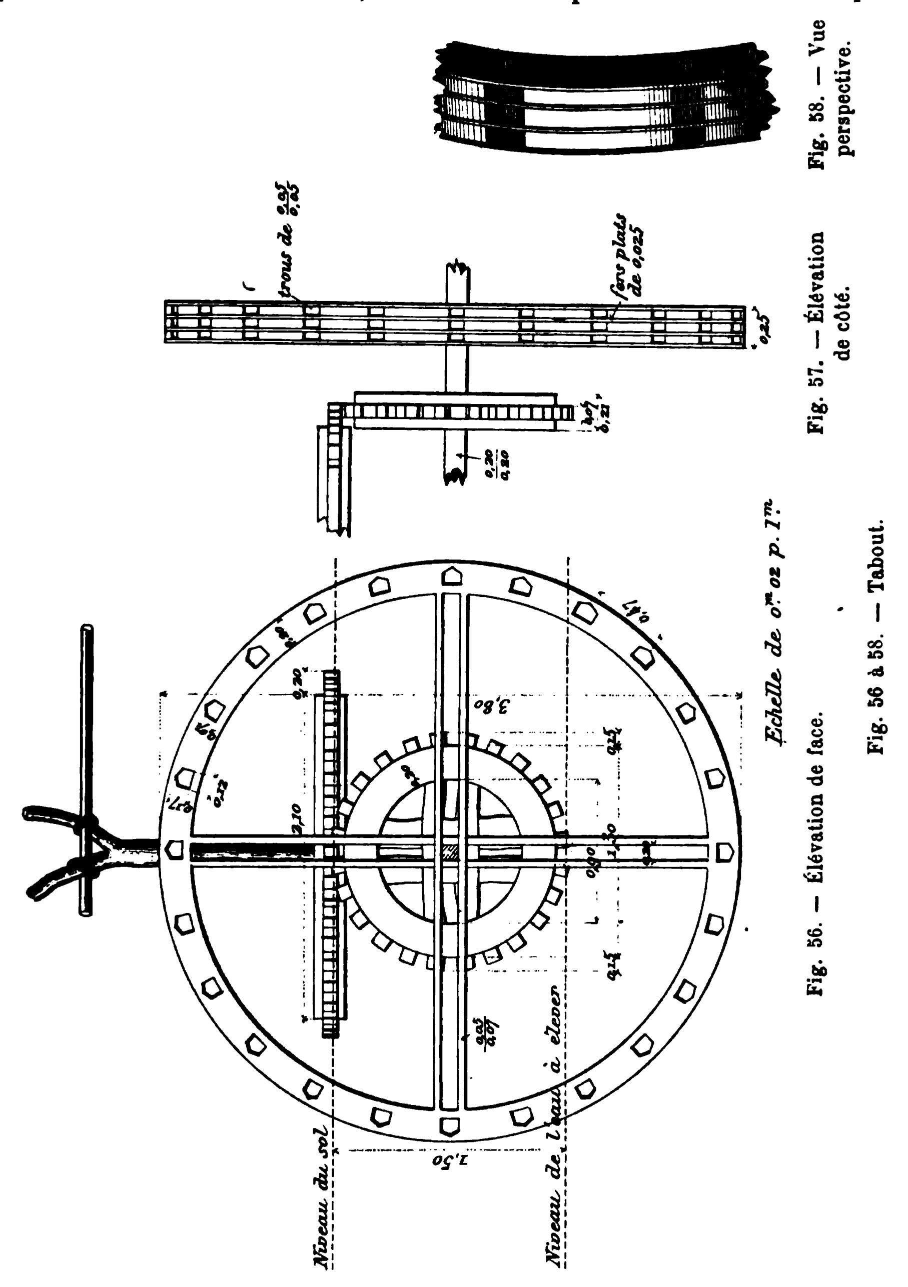


Fig. 56. — Élévation de face. Fig. 57. — Élévation de côté. Fig. 58. — Vue perspective.

Fig. 56 à 58. — Tabout.

par une noria dont les augets, construits en zinc ou en bois, ont 60 centimètres de longueur sur 30 centimètres de largeur et 30 centimètres de profondeur. Ces sakiehs, avec un seul animal moteur, suffisent presque pour arroser un demi-hectare en douze heures, tandis qu'une sakieh

ordinaire n'arrose guère plus d'un tiers d'hectare pendant le même temps (fig. 51 à 55).

TABOUT, TYMPAN (fig. 56, 57, 58).

Dans la Basse Égypte, toutes les fois qu'on a à élever l'eau à moins de 3 mètres de hauteur, on se sert, non d'une noria, mais d'une roue, sur le pourtour de laquelle sont ménagés des encoffrements dans lesquels l'eau est élevée, et d'où elle se déverse dans une auge latérale et de là dans la rigole d'irrigation. Cette roue est mise en mouvement comme la roue qui porte la noria de la sakieh. L'animal moteur est généralement un buffle ou un bœuf.

L'eau est amenée par une rigole dans un puits creusé sous la roue élévatrice ; celle-ci est disposée de telle façon que le fond de l'auge, dans laquelle l'eau se déverse, soit à peu près au tiers de la hauteur totale de la roue à partir du sommet ; cette condition détermine la hauteur du haut de la roue par rapport au niveau du sol. Contrairement à ce qui arrive pour les autres machines d'irrigation employées en Égypte, cette roue est faite avec soin et bien ajustée. La charpente en est composée de quatre bras formés chacun de quatre montants fixés autour du moyeu. Le pourtour en est formé comme celui d'une roue ordinaire à augets dont les aubes seraient remplacées par de simples palettes, dont les augets seraient complètement fermés par un bordage circulaire présentant seulement une ligne d'ouvertures ménagées à la base de chaque auget, et dont l'une des couronnes latérales serait également percée d'un trou à la base de chaque auget, tout près du bord inférieur de la couronne.

L'eau pénètre dans les augets par les trous du pourtour, est élevée dans le mouvement de la roue et se déverse par les trous latéraux dans une bâche en bois lorsque l'auget arrive vers le sommet de sa course.

On rencontre également, dans la Basse Égypte, depuis quelques années, pour l'élévation de l'eau à de faibles hauteurs, des tympans construits en bois et mus par des animaux.

ROUE HYDRAULIQUE A PALETTES (fig. 59 et 60).

Tous les appareils précédents ont pour moteur l'homme ou les animaux.

Dans le Fayoum, où les canaux ont une pente beaucoup plus considérable que dans le reste de l'Égypte, on utilise les chutes d'eau pour actionner des roues à palettes, qui portent sur leur pourtour des pots en terre au moyen desquels l'eau est élevée jusqu'au niveau des terres. Ces roues sont analogues à celles qui existent aux environs de Palma et qui

sont décrites dans l'ouvrage de M. Aymard sur les irrigations du midi de l'Espagne.

Certaines de ces roues sont disposées dans le lit même du Bahr Yousef, dans des endroits où la pente de ce cours d'eau est à peu près de 50 centi-

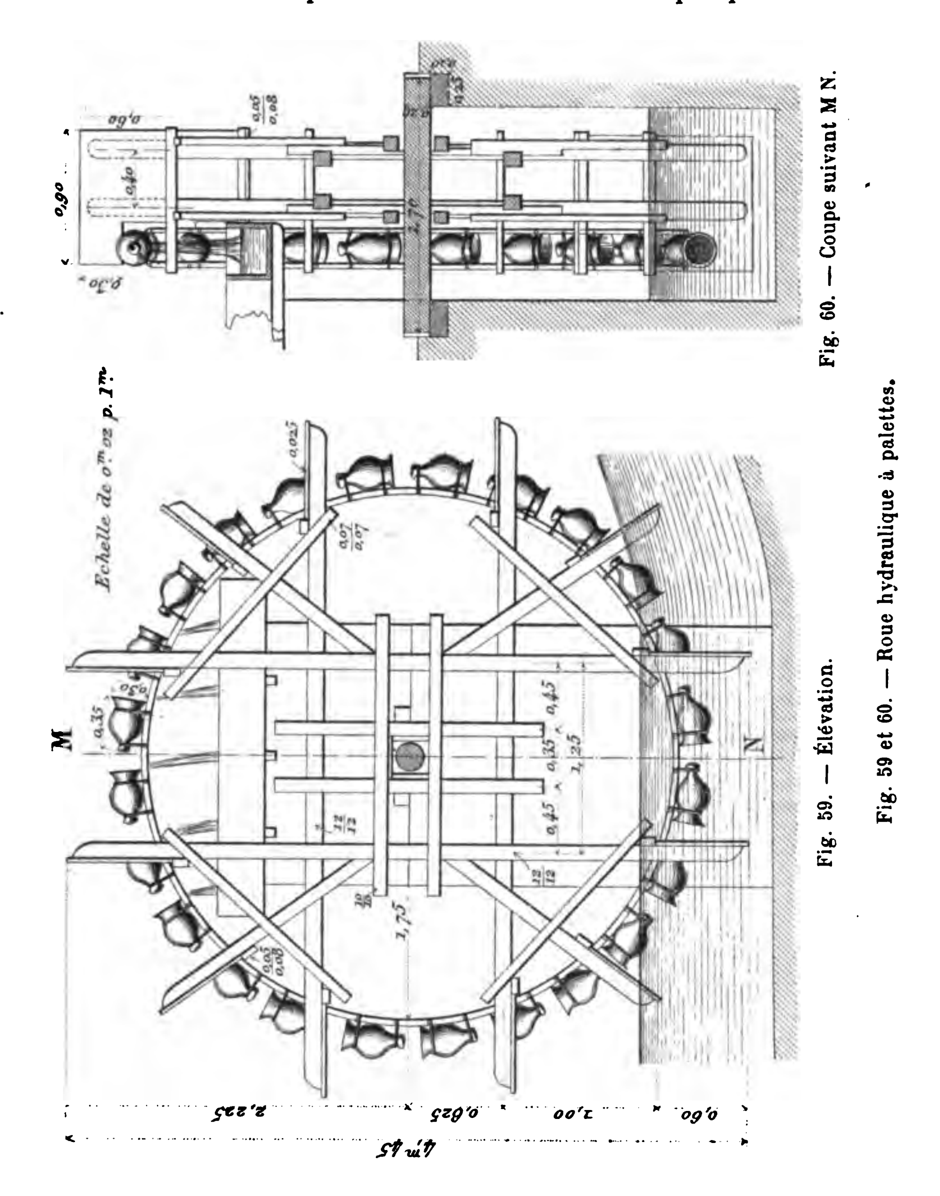


Fig. 60. — Coupe suivant M N.

Fig. 59. — Élévation.

Fig. 59 et 60. — Roue hydraulique à palettes.

mètres par kilomètre et elles sont mises en mouvement par la force du courant. Mais, le plus souvent, elles sont établies à la prise même des canaux ou sur leur parcours ; le canal est alors resserré entre deux murs en maçonnerie qui comprennent la roue et en supportent l'arbre ; on ménage en ces points, comme force motrice, des chutes d'eau de 30 centimètres à

60 centimètres de hauteur. Quelquefois plusieurs roues sont établies de cette façon, en batteries, à côté ou à la suite les unes des autres.

Les dimensions de ces roues sont très variables. Ordinairement elles ont 4,50 m. de diamètre, sont munies de 12 palettes de 90 centimètres de longueur sur 60 centimètres de largeur et portent une couronne de 24 vases en terre de 7 litres de capacité. Elle font à peu près, dans ces conditions, quatre tours par minute et élèvent, par conséquent, 40 mètres cubes d'eau par heure à une hauteur moyenne de 3 mètres; elles peuvent donc donner en dix-huit heures un fort arrosage à un hectare. On calcule qu'une seule de ces roues suffit pour irriguer pendant l'été une superficie de 13 hectares en culture.

Certaines roues portent deux couronnes de vases en terre disposées chacune d'un côté des palettes. Il existe du reste des roues à grand diamètre qui peuvent porter jusqu'à 96 vases en deux couronnes.

MACHINES A VAPEUR

La plupart des machines que nous venons de décrire sont remarquables par la rusticité de leur construction et la simplicité de leur emploi; elles font partie de ce patrimoine d'instruments primitifs qui ont été légués aux générations actuelles par le génie inventif des premières races d'agriculteurs, et qui se sont transmis, à travers les siècles, avec ce caractère de tradition et d'invariabiltié que conservent les choses d'Orient. A ces appareils grossiers, dont les dispositions sont fondées sur l'utilisation des forces de l'homme et des animaux, sont venues s'ajouter, dans le courant du siècle dernier, la machine à vapeur et les pompes.

La machine à vapeur est en général une locomobile, et la pompe, une pompe centrifuge; ce sont deux engins faciles à transporter et à mettre en place. Le plus souvent la locomobile est abritée par un petit hangar en planches ou par une hutte en terre recouverte d'une terrasse; à quelques pas, la pompe centrifuge, reliée au moteur par une courroie, et fixée sur un châssis en charpente ou sur une petite plate-forme en maçonnerie, plonge dans le canal son tuyau d'aspiration.

Il existe toutefois, un peu partout, des machines fixes actionnant également des pompes centrifuges. Les pompes ordinaires avec machines fixes ne se rencontrent guère que dans les établissements les plus importants, et surtout sur les bords du Nil, où les hauteurs d'aspiration sont beaucoup plus fortes que sur les canaux et peuvent atteindre, dans la Haute Égypte, par exemple, jusqu'à 11 mètres.

Toutes ces machines et leurs installations ne diffèrent en rien de celles qu'on peut trouver dans tous les pays du monde; il est donc inutile d'insister sur leur description.

Les machines à vapeur servant à l'irrigation sont alimentées en général avec du charbon ; mais, ce combustible étant cher en Égypte, l'agriculteur, toutes les fois qu'il le peut, brûle des tiges de fèves, de la paille provenant des récoltes ou des bois de cotonnier.

Avec des hauteurs d'élévation de 3 à 4 mètres, fréquentes dans la Basse Égypte, on calcule qu'une pompe centrifuge, ayant un tuyau d'aspiration du 0,10 m. de diamètre, arrose en vingt-quatre heures un hectare et demi et peut desservir de 22 à 26 hectares, suivant que l'on cultive 30 p. 100 ou 40 p. 100 de la superficie en coton. Elle équivaut à 4 sakiehs. Une pompe de 0,20 m. de diamètre, qui est le type le plus répandu, arrose en vingt-quatre heures 8 hectares, et peut desservir de 118 à 140 hectares; elle équivaut à 22 sakiehs.

CHARGES RÉSULTANT POUR L'AGRICULTURE DE L'ÉLÉVATION MÉCANIQUE DE L'EAU

La nécessité d'élever l'eau est une coûteuse sujétion imposée à l'agriculteur en Égypte, et tout projet d'amélioration de l'irrigation dans ce pays doit se donner pour but la suppression aussi complète que possible des machines élévatoires. Nous avons vu combien d'hommes et d'animaux nécessite la mise en mouvement des natalehs, des chadoufs et des sakiehs. Si, d'autre part, nous considérons la pompe à vapeur, dans une terre d'altitude moyenne, elle dépense 110 kilogrammes de charbon ou 290 kilogrammes de bois de cotonnier pour donner un arrosage à un hectare, ce qui représente à peu près une somme de cinq francs. Mais ce chiffre est bien souvent inférieur à la réalité, parce que les machines sont mal entretenues et consomment beaucoup plus de combustible qu'il ne faudrait. En 1883, l'administration des Domaines de l'État calculait qu'elle avait, pendant l'année, irrigué à la vapeur une superficie qui, multipliée par le nombre d'arrosages, formait un total de 102 817 hectares irrigués chacun une fois seulement. Sur un pareil nombre d'arrosages, la moyenne des dépenses en charbon, huile, etc., a été de 3,56 fr. par arrosage et par hectare. Si l'on compte des arrosages espacés de vingt jours pour le coton, soit 8 arrosages pour une récolte, la dépense d'arrosage d'un hectare de coton revient ainsi à 20,50 fr. non compris l'intérêt et l'amortissement du matériel.

Cette dépense est naturellement beaucoup plus forte pour le fellah qui n'a ni les connaissances techniques, ni le personnel expérimenté, nécessaires pour obtenir un fonctionnement économique de ses pompes et qui, s'il ne possède pas une machine ou une part dans une machine, est obligé de recourir aux bons offices de voisins plus riches qui l'exploitent sans merci.

M. Villcocks, dans son ouvrage « *Egyptian Irrigation* » estime que, en moyenne, l'arrosage par pompe à vapeur d'un hectare de coton coûte au fellah 38 francs dans les conditions ordinaires, non compris l'intérêt et l'amortissement du matériel, les réparations et tous les faux frais.

FORMALITÉS RELATIVES A L'INSTALLATION DES MACHINES ÉLÉVATOIRES

Le fellah peut installer n'importe où, et sans autorisation, le nataleh ou le chadouf dont il a besoin pour irriguer son champ, pourvu, bien entendu, que la rigole de fuite ne traverse pas une digue ou une route publique; dans ce dernier cas seulement, il lui faut une permission.

Pour les sakiehs, les tabouts ou autres appareils mus par les animaux, une permission est toujours nécessaire; elle est délivrée sans frais par le préfet (moudir) de la province, sur la proposition de l'ingénieur en chef des irrigations. (Décret du 22 février 1894[1].)

Pour les machines élévatoires mues par la vapeur, l'eau ou le vent, une autorisation du Ministère des Travaux Publics est nécessaire, conformément au décret du 8 mars 1881, dont les principaux articles sont reproduits ci-dessous :

ARTICLE PREMIER. — Il est et demeure interdit d'établir des machines à élever les eaux d'arrosage ou de desséchement, que ces machines soient fixes ou mobiles, qu'elles soient mues par la vapeur, par des chutes d'eau ou par le vent, sans au préalable en avoir obtenu l'autorisation du Ministère ou des services des Travaux Publics.

Cette autorisation ne donne au bénéficiaire aucun droit de propriété, dans quelque limite que ce soit, sur le terrain du domaine public ou privé de l'État occupé ou traversé par les tuyaux, conduites ou aqueducs de prise d'eau et d'aspiration.

Le gouvernement reste étranger à tous rapports entre les tiers et le bénéficiaire, et il lui laisse, vis-à-vis d'eux, la responsabilité de tous actes dommageables ou autres occasionnés par son installation ou autrement.

ART. 2. — L'établissement des machines élévatoires fixes ne sera autorisé que sur les bords du Nil; toutefois le Ministère des Travaux Publics pourra exceptionnellement l'autoriser sur certains canaux. Le Ministère reste seul juge de l'opportunité de l'autorisation et il se réserve toute liberté d'imposer, suivant les cas, les charges et conditions auxquelles elle sera soumise.

ART. 3. — Toute machine élévatoire fixe ou mobile est soumise à l'obligation générale de laisser complètement libre la circulation sur les digues et canaux, de respecter toutes les servitudes, de ne nuire en rien aux nécessités de l'entretien de ces digues et canaux et de la défense du pays contre les inondations.

ART. 4. — L'inexécution de toute condition ou obligation imposée par l'autorisation d'établir une machine élévatoire entraînera de plein droit le retrait de cette autorisation, sans préjudice des recours que le gouvernement se réserve d'exercer en réparation des dommages et remboursement de dépenses occasionnées à l'Etat.

ART. 5. — Une installation autorisée pour un endroit déterminé ne pourra être déplacée que sur une nouvelle autorisation sans paiement de nouveaux droits.

ART. 6. — Le gouvernement conserve le droit, pour cause d'utilité publique (exécution

[1] Voir pages 344 et suivantes.

des travaux publics, danger pour les digues, les ouvrages d'art. etc.) de faire déplacer toute installation autorisée.

Art. 7. — L'autorisation donnée pour installer une machine élévatoire fixe ou mobile ne comporte que le droit, pour les concessionnaires, de faire une installation pour prendre de l'eau d'un canal ou du Nil ; elle n'entraîne aucune obligation pour le gouvernement d'assurer l'alimentation continue de la machine ; pour le passage des eaux fournies par cette machine, le concessionnaire devra s'entendre avec ses associés ou les tiers dont il aura à traverser les terrains sans intervention d'aucune sorte du gouvernement.

Pour faire passer les eaux à travers les terres vagues ou autres terres du gouvernement, le concessionnaire devra se munir d'une autorisation spéciale.

Il est interdit de faire des rigoles d'amenée des eaux, tant le long des digues, des canaux et du Nil, que le long des banquettes et des talus de ces digues.

Art. 8. — Les rigoles ou conduits pour conduire les eaux des machines aux terrains seront établis de manière à ne gêner en rien la circulation publique et les passages des eaux d'écoulement et d'irrigation, sous la réserve des droits des tiers, vis-à-vis desquels le concessionnaire reste seul responsable ; le gouvernement imposera pour le passage sous les digues et routes, et au-dessus et au-dessous des canaux, tous les travaux qu'il jugera convenables.

Art. 9. — Pour cause d'utilité générale, en cas d'étiage exceptionnel, ou quand le débit d'un canal deviendra notoirement inférieur aux besoins des cultures qu'il dessert, les services des Travaux Publics pourront, par mesure générale applicable à tout un canal ou à un seul bief d'un canal, ordonner l'arrêt momentané des machines élévatoires ou fixer une marche réduite de celles-ci, en tenant compte, s'il y a lieu, de l'importance relative des appareils et des terrains qu'ils arrosent, sans qu'en pareil cas le gouvernement puisse encourir aucune responsabilité pour dommage causé aux cultures.

. . . .

Art. 13. — Les propriétaires des machines élévatoires sont responsables des accidents ou dommages qui pourront être occasionnés par ces machines.

Le gouvernement se réserve cependant le droit d'exercer, dans l'intérêt public, la surveillance de la conduite de ces machines, sans pour cela dégager les propriétaires de la responsabilité qui leur incombe.

Les droits à payer pour obtenir l'autorisation d'établir une machine sont[1] :

1° Un droit fixe de 26 francs par machine pour frais d'instruction ;

2° Un droit de 13 francs par cheval-vapeur sans que jamais la somme à percevoir puisse être inférieure à 130 francs.

GRANDES USINES ÉLÉVATOIRES

Certaines usines élévatoires, établies sur les bords du Nil, sont destinées à arroser des propriétés de plusieurs milliers d'hectares appartenant soit à un particulier, soit à une société foncière, soit à une administration de l'État. Toutes les fois que les eaux élevées n'alimentent que des canaux privés, l'autorisation est accordée aux conditions ordinaires, quelle que soit l'importance de l'installation.

Mais le Ministère des Travaux Publics a été amené à accorder des permissions de cette nature, non plus à des propriétaires voulant irriguer leurs terres, mais à des industriels se proposant de distribuer l'eau qu'ils élèvent

[1] 1 L. Eg. pour frais d'instruction et 50 piastres par cheval-vapeur avec un maximum de 5 L. Eg.

sur des terres ne leur appartenant pas, et de la faire circuler dans des canaux publics.

Le cas s'est présenté notamment dans la région des bassins de la Haute Égypte pour y favoriser le développement de la culture de la canne à sucre. Ainsi la Société égyptienne d'irrigation a été autorisée à installer deux grandes usines dans la région de Nag Hamadi (province de Keneh), pouvant chacune arroser effectivement plus de 4 000 hectares de canne à sucre, avec de l'eau puisée dans le Nil à des profondeurs pouvant atteindre 9 mètres pendant l'étiage [1]. Même autorisation a été accordée un peu plus au nord, à Belianah (province de Guirgueh), à la *Sugar and Land C°*.

Des permissions analogues ont aussi été données dans le sud du Delta, en des points où les terres trop hautes étaient difficilement irriguées même avec la retenue du Barrage.

Ces entreprises fonctionnent ordinairement en déversant les eaux d'arrosage, pendant l'étiage, dans le réseau des canaux publics nili, alors à sec ; pendant la crue, les machines s'arrêtent et ces canaux reprennent leur rôle de distributeurs d'eau du Nil par gravitation. C'est donc plus qu'une autorisation d'élever de l'eau qui est donnée ainsi, c'est encore la faculté de la distribuer par des canaux d'usage public, dont l'entretien est à la charge de l'État.

Quoique le gouvernement n'intervienne pas, entre l'entreprise et les particuliers, pour régler les conditions de la fourniture de l'eau, et encore moins pour les obliger à en prendre, il ne peut évidemment mettre des canaux publics à la disposition de ces industriels qu'autant que les agriculteurs riverains en reconnaissent l'utilité, et il doit en outre défendre ceux-ci contre les exigences du fournisseur d'eau d'arrosage.

Aussi les formules d'autorisation délivrées pour ces sortes d'installations, après avoir défini la force et la disposition des machines et des pompes, leur emplacement, la région dans laquelle elles doivent distribuer l'eau, comprennent une série de clauses spéciales, très strictes, relatives à l'emploi des canaux publics nili, au consentement des propriétaires desservis par ces canaux, au prix maximum de l'arrosage.

Voici les principales de ces clauses :

Vu les déclarations écrites, présentées par les habitants des villages desservis par les canaux nili ci-après désignés.....

Conformément au désir exprimé par les intéressés, le Ministère autorise le passage des eaux de ces machines dans les canaux nili suivants..... à condition que le passage des eaux dans ces canaux ait lieu seulement pendant la saison d'étiage qui commencera dès que les eaux du Nil cesseront d'arriver par gravitation aux canaux et finira dès qu'elles

[1] L'une de ces usines comprend deux machines de 380 chevaux chacune; chaque machine fait fonctionner deux pompes ayant un tuyau de refoulement de 1,20 m. de diamètre et deux tuyaux d'aspiration de 0,50 m. La vitesse des pompes est de 130 tours par minute.

pourront y entrer librement, ainsi qu'il est prévu à l'article 10 du décret du 8 mars 1881.

Cette autorisation n'est accordée que pour une seule saison ; mais faute d'avis contraire avant l'ouverture de la campagne d'irrigation, elle sera renouvelée tacitement d'année en année. Néanmoins le gouvernement pourra obliger le permissionnaire à produire à nouveau, avant chaque campagne, le consentement des propriétaires intéressés.

Il n'est pas permis au permissionnaire d'établir dans les canaux des digues de retenue autres qu'en terre. Ces digues devront être enlevées avant l'entrée des eaux de crue dans les canaux par les soins du permissionnaire.....

L'autorisation pour le passage des eaux de la machine dans les canaux est accordée sans préjudice du droit absolu qu'a le gouvernement d'interdire le passage des eaux provisoirement pour raison de curage ou définitivement pour cause d'utilité publique, à quelque moment qu'il veuille ; cette interdiction ne pouvant au surplus rendre le gouvernement responsable vis-à-vis du permissionnaire ou de tout autre, sous quelque prétexte que ce soit. Les machines seront soumises en outre à tous les programmes de rotations qui seront mis en vigueur à chaque saison.

Le permissionnaire est tenu de s'entendre avec les habitants pour l'irrigation de leurs cultures chetoui et sefi au moyen des eaux de la machine, sans que le gouvernement ait à intervenir en aucune façon dans les responsabilités incombant respectivement aux deux parties.

Le gouvernement n'est nullement obligé d'assurer l'alimentation continue de la machine. Les habitants sont parfaitement libres de se servir ou non des eaux de cette machine pour l'irrigation de leurs cultures. Au cas où ils voudraient se servir des eaux de la machine, le permissionnaire ne pourra leur imposer une redevance supérieure à 18,57 fr. par hectare et par arrosage [1]. Le permissionnaire ne devra, en aucun cas, saisir les terrains à défaut de paiement du prix de l'eau.....

En cas de contravention au prix maximum, une amende est infligée souverainement par le Ministère des Travaux Publics, et en cas de récidive, on peut prononcer la déchéance.

..... Pour garantir l'exécution de toutes les clauses et conditions de l'autorisation, le permissionnaire a versé un cautionnement de...

La présente autorisation est délivrée au permissionnaire à ses risques et périls et sans constituer, à son profit, aucune immunité spéciale. Chacune des clauses et conditions stipulées est strictement obligatoire ; en cas d'inexécution, la déchéance pourra être prononcée.

La déchéance comporte de plein droit la confiscation du cautionnement. Elle sera prononcée par arrêté ministériel, sauf recours du permissionnaire dans le mois de la notification qui lui en sera faite par la voie administrative, au Conseil des ministres, dont la décision ne sera susceptible d'aucun recours devant aucune espèce de juridiction.

La déchéance pourra également être encourue par le permissionnaire en cas d'abandon ou d'interruption de l'exploitation pendant toute une saison d'étiage, c'est-à-dire entre les mois de mars et d'août.

En cas de déchéance..... le gouvernement pourra procéder à l'arrêt immédiat de la machine par la voie administrative sans autre formalité et sans que, de ce chef, aucune protestation ou réclamation puisse être élevée par l'intéressé.....

..... Toutefois le gouvernement pourra..... s'il le juge à propos, exiger que le permissionnaire déchu continue néanmoins le fonctionnement des machines, de manière à assurer provisoirement l'irrigation de la zone autorisée jusqu'au moment où il y sera pourvu par

[1] Dans certains cas, le maximum de la redevance est fixé en nature pour la saison, soit 1 070 kilogrammes de canne à sucre ou 107 kilogrammes de coton par hectare en cas de récolte normale pour 10 arrosages au moins. En cas de récolte inférieure à la normale, la redevance est diminuée proportionnellement et est fixée s'il y a lieu par une commission composée de l'ingénieur en chef des irrigations et de deux notables.

d'autres moyens. Dans ce cas, le gouvernement pourra au besoin assurer lui-même le fonctionnement des machines aux frais du permissionnaire déchu...

Après trente années d'exploitation, si la déchéance n'a pas été prononcée, le gouvernement pourra à tout moment et moyennant un préavis de deux ans, mettre fin à l'autorisation, sans que le permissionnaire ait de ce chef à réclamer aucune indemnité ou compensation quelconque, et il sera alors procédé, s'il y a lieu, à l'enlèvement de toute installation se trouvant sur le domaine public.

Toutefois, dans ce cas, comme aussi dans le cas de déchéance et de quelque manière que l'exploitation prenne fin, le gouvernement aura la faculté de racheter l'installation et l'appareillage de la pompe et de la machine élévatoire à un prix qui sera fixé à dire d'experts...

USINES ÉLÉVATOIRES APPARTENANT AU GOUVERNEMENT

Actuellement, le gouvernement possède les usines suivantes :

1° Dans la Haute Égypte :

L'usine d'Etsa, en cours de construction, dans la province de Minieh, destinée à rejeter dans le Nil les eaux de drainage des provinces de Minieh et d'Assiout ;

2° Dans la Basse Égypte, province de Béhéra :

L'usine du Mex qui déverse à la mer les eaux de drainage s'accumulant dans le lac Mariout ;

L'usine d'Atfeh, à l'embouchure du canal Mahmoudieh, qui élève dans ce canal de l'eau d'arrosage.

Nous avons déjà parlé des deux premières installations dans le chapitre relatif au drainage[1].

Quant à la troisième, elle ne fonctionne plus qu'exceptionnellement pendant les très bas étiages, comme en 1900, ou encore pendant quelques jours du mois d'août lorsque la crue tarde à se faire sentir. Elle est le dernier reste d'un système que, en 1880, le Ministère des Travaux Publics se proposait d'introduire dans la plus grande partie de la Basse Égypte et qui consistait à élever l'eau à la tête des principaux canaux au moyen de puissantes usines hydrauliques.

A cette époque, le gouvernement sortait à peine des embarras financiers qui avaient amené la chute du khédive Ismaïl ; il ne voyait pas les moyens de dépenser sur le barrage du Delta, encore incomplet et manquant de solidité, les sommes considérables nécessaires pour le mettre en état de fonctionner convenablement ; il craignait même d'être obligé de le reconstruire entièrement. D'autre part, il se heurtait chaque année à des difficultés croissantes pour l'entretien des canaux permanents de la Basse Égypte, n'ayant plus assez de brutale énergie pour tirer de la corvée des efforts efficaces, et redoutant de confier à des entrepreneurs l'exécution de

[1] Voir page 193 et page 199.

ces travaux de curage dont dépendait l'existence même des récoltes sur de vastes territoires. Pris entre ces deux sortes de difficultés, il envisagea une solution ayant pour objet de remplir les canaux au moyen de pompes à vapeur installées sur les bords du Nil. Par ce procédé, il évitait les grandes dépenses à engager pour consolider ou reconstruire le Barrage et pour remanier les canaux du Delta de façon à les alimenter au moyen de la retenue que procurerait cet ouvrage restauré ; de plus, il supprimait les travaux de curage les plus pénibles, puisque les canaux, recevant l'eau à un niveau élevé, il n'était plus nécessaire de maintenir leur plafond au-dessous des

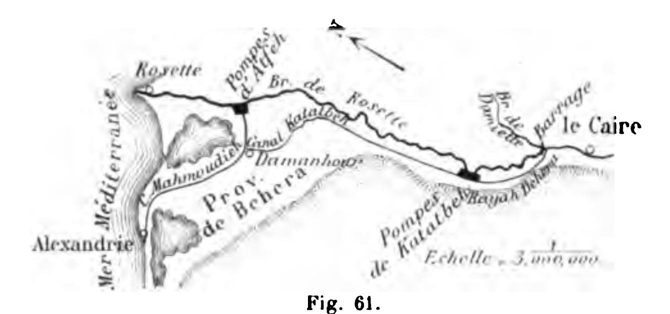


Fig. 61.

basses eaux du Nil; enfin, en s'adressant à des concessionnaires auxquels on devait rembourser les frais de premier établissement par annuités, il dotait rapidement le pays d'un système complet d'irrigation sans y engloutir tout d'un coup un gros capital.

Ces avantages étaient compensés, il est vrai, par des charges annuelles d'autant plus fortes que le charbon est cher dans ce pays ; mais, en somme, le gouvernement ne faisait qu'appliquer en grand ce que font les particuliers dans certaines régions de la Haute et de la Basse Égypte et ce que le Ministère des Travaux Publics préconise actuellement pour les 80 000 hectares de la Haute Égypte auxquels le réservoir d'Assouan doit fournir pendant l'étiage de l'eau d'arrosage à puiser dans le lit même du Nil.

Un commencement d'exécution fut donné à ce projet pour la province de Béhéra, dont toute l'eau pendant l'étiage, depuis 1885 jusqu'à 1890, soit pendant six ans, fut fournie exclusivement par deux grandes usines établies, l'une à l'embouchure du canal Katatbeh, à 40 kilomètres en aval du barrage du Delta, actuellement supprimée, et l'autre, celle d'Atfeh, à l'embouchure du canal Mahmoudieh, encore utilisée de temps en temps[1] (fig. 61).

L'alimentation par machines de toute une province, comprenant à cette époque à peu près 200 000 hectares cultivés, constitue une phase assez inté-

[1] L'usine de Katatbeh a été supprimée, puis transportée au Mex (voir chap. VIII, page 200), lorsque, après les travaux exécutés au Barrage et sur le rayah de Béhéra, ce dernier canal eût été mis en état de fournir d'eau la province par gravitation.

ressante de l'histoire des irrigations d'Égypte pour que, sans entrer dans de grands détails, nous en indiquions les lignes principales.

Un contrat fut passé à la date du 11 mai 1880 avec une société représentée par M. Ed. Easton, ingénieur anglais, pour alimenter au moyen de pompes à vapeur le canal Mahmoudieh, à Atfeh, et le canal du Katatbeh, à sa prise ; l'entreprise comprenait : 1° l'extension, et, en cas de besoin, la transformation des anciennes installations qui avaient été établies à Atfeh par Saïd Pacha pour envoyer de l'eau dans le Mahmoudieh pendant l'étiage ; 2° la création d'une usine et de ses accessoires à l'embouchure du Katatbeh.

Les principales conditions de ce contrat étaient les suivantes :

L'eau du Nil devait être élevée :

A Atfeh, à 2,90 m. au-dessus du niveau de la mer, soit à une hauteur maxima de 2,75 m. au-dessus du plus bas étiage du Nil (la cote des terres voisines est de 3 mètres) ;

Au Katatbeh, à la cote 9,50 m., soit à 3 mètres au plus au-dessus de l'étiage du Nil (la cote des terres riveraines est de 13 mètres).

Le débit de chacune des usines devait être de 1,500,000 mètres cubes en vingt-quatre heures.

En 1883, la Société n'avait pas encore terminé ses travaux par suite de mécomptes qu'elle avait éprouvés dans l'emploi des machines du Katatbeh. Le gouvernement reconnaissant alors que, quand toute l'eau de la province serait fournie uniquement par les machines d'Atfeh et du Katatbeh, un débit de 3 millions de mètres cubes ne serait pas suffisant, étant donné surtout que la surface des terres cultivées pouvait s'augmenter, tant du côté du désert que du côté des lacs, on passa un nouveau contrat avec la même société pour qu'elle mît ses usines hydrauliques en état d'élever à Atfeh 2,500,000 mètres cubes, et au Katatbeh 2,500,000 mètres cubes par vingt-quatre heures.

A Atfeh, l'établissement put fonctionner dès 1885, mais au Katatbeh, c'est en 1886 seulement que les pompes purent donner régulièrement le débit demandé.

Les dates de mise en marche des pompes étaient fixées tous les ans par le Ministère des Travaux Publics, d'après le niveau des eaux du Nil ; mais les dates normales stipulées au contrat étaient le 5 février pour le Mahmoudieh et le 15 avril pour le Katatbeh.

Des amendes considérables allant jusqu'à 26 000 francs pour un arrêt total d'un jour de l'un des établissements pouvaient être imposées aux concessionnaires.

Le gouvernement égyptien devait payer à la Société du Béhéra :

1° Une somme fixe annuelle de 684,300 francs représentant l'intérêt du capital engagé et les frais généraux indépendants de la marche des machines ;

2° Une somme de 728 francs par million de mètres cubes élevés à Atfeh et de 1,092 francs par million de mètres cubes élevés au Katatbeh.

La Société avait la concession de l'élévation de l'eau pour une période de trente-cinq ans; toutefois le gouvernement pouvait racheter cette concession à des prix fixés, à partir de la vingtième année.

Telles étaient les conditions générales auxquelles la Société fournissait l'eau dans les canaux du Mahmoudieh et du Katatbeh.

Aussitôt la concession obtenue, en 1880, M. Easton avait commencé les travaux d'installation au Katatbeh comprenant :

1° Un canal d'amenée de 35 mètres de largeur au plafond sur 80 mètres environ de longueur entre le Nil et l'usine;

2° Un ouvrage de prise, formé par trois arches en maçonnerie de 7 mètres d'ouverture se fermant au moyen de portes métalliques, dont le radier est à 1,50 m. au-dessous des plus basses eaux du Nil;

3° Un canal de décharge de 20 mètres de largeur au plafond et de 500 mètres de longueur entre l'usine et le canal du Katatbeh;

4° Un bassin compris entre l'ouvrage de prise et le canal d'écoulement et contenant les appareils élévatoires;

5° L'usine et ses dépendances.

Les appareils élévatoires se composaient primitivement de dix énormes vis d'Archimède en tôle, de 4 mètres de diamètre et de 12 mètres de longueur. Ces dix vis alignées parallèlement étaient mues par un arbre de couche long de 50 mètres et actionné à l'une de ses extrémités par des machines Compound verticales du type des machines marines. Ce projet mal conçu, mal étudié et mal exécuté, donna des résultats déplorables; dès le premier jour, les vis se brisèrent et l'usine fut arrêtée.

Après quelques essais infructueux pour réparer ce désastre, la Société se trouvant, par son nouveau contrat de 1883, obligée de fournir une quantité d'eau plus considérable que celle qui était primitivement prévue, prit une mesure radicale, se décida à changer complètement le système adopté et confia la commande de nouvelles machines à la maison Farcot, de Saint-Ouen, en prescrivant d'utiliser autant que possible l'ouvrage de prise et les anciennes fondations dans l'installation des appareils nouveaux.

L'usine est alors composée de cinq machines horizontales actionnant chacune, directement et sans aucune transmission, des pompes centrifuges à arbre vertical. Les machines sont à enveloppe de vapeur, à quatre distributeurs cylindriques, à condensation; les cylindres ont 1 mètre de diamètre et la course des pistons est de 1,80 m. L'arbre vertical porte, à sa partie supérieure, une manivelle horizontale dont le bouton reçoit l'action de la bielle. Un volant pesant 22 tonnes est calé sur cet arbre qui, plus bas, porte la roue à ailettes de la pompe rotative. On a adopté pour cet arbre

vertical la disposition du pivot hors de l'eau appliqué pour les turbines.

L'aire de la pompe a 2,10 m. de diamètre et la roue à ailettes mesure 4 mètres à sa circonférence extérieure et présente une hauteur de 2 mètres. Le tuyau d'aspiration s'enfonce en s'évasant au-dessous du niveau des basses eaux et la roue à ailettes refoule l'eau vers l'extérieur dans une capacité annulaire qui enveloppe la roue et est supportée par trois colonnes en fonte fondées sur le radier ; cet anneau est prolongé par le tuyau de refoulement, d'abord recourbé en forme de siphon pour éviter le désamorçage et augmentant ensuite de section pour se raccorder à son extrémité à la voûte en maçonnerie qui donne issue à l'eau dans le canal de fuite.

Ces appareils centrifuges, très hardis, fonctionnent encore parfaitement à l'usine du Mex, où on les a transportés depuis. Ils marchent avec une vitesse maximum de quarante tours, et peuvent débiter 7 mètres cubes par seconde.

A ces cinq pompes verticales étaient ajoutées, à titre de réserve, trois des grandes vis d'Archimède primitivement essayées ; ces vis avaient été soigneusement consolidées. Chacune d'elles pouvait débiter 2 mètres cubes par seconde. Elle étaient mises en mouvement par une machine compound verticale du type des machines marines.

La capacité de l'usine entière se trouvait être ainsi de plus de 40 mètres cubes par seconde ou environ 3 500 000 mètres cubes en vingt-quatre heures, la puissance totale des machines étant de 3 500 chevaux effectifs.

La vapeur était fournie par une batterie de onze chaudières tubulaires, dont trois de 190 mètres carrés de surface de chauffe, provenant des ateliers du Creusot et les huit autres, du type Farcot, ayant chacune 175 mètres carrés de surface de chauffe.

A Atfeh, les conditions étaient bien différentes, et, en premier lieu, la hauteur d'élévation était moindre ; en outre, on devait utiliser, autant que possible, l'installation ancienne. La société concessionnaire s'adressa pour la commande des machines de cette usine à M. Feray, d'Essonne.

L'établissement d'Atfeh se compose de huit grandes roues Sagebien de 3,60 m. de largeur et de 10 mètres de diamètre, élevant l'eau à une hauteur maximum de 2,60 m. environ et pouvant débiter chacune un volume de 4 à 500,000 mètres cubes en vingt-trois heures. Quatre de ces roues sont établies dans l'ancien bâtiment des pompes du gouvernement ; elles sont actionnées par les quatre anciennes machines qui mettaient autrefois en mouvement des pompes centrifuges. Ces machines du type des machines jumelles verticales à balanciers, construites par la maison anglaise Forester, étaient à un seul cylindre ; on a modifié leur système de distribution de vapeur et on les a transformées en machines du système Woolf par l'addition de nouveaux cylindres. On a ainsi amélioré beaucoup leur rendement.

Les quatre dernières roues Sagebien sont disposées dans un autre bâtiment et actionnées par deux des machines Compound, type de machines marines, qui avaient été primitivement installées au Katatbeh pour faire marcher les vis d'Archimède.

La vapeur est fournie par une batterie de dix chaudières tubulaires de 190 mètres carrés de surface de chauffe chacune.

La puissance que l'usine peut développer est de plus de 1 250 chevaux en eau élevée.

L'usine d'Atfeh est établie sur la rive gauche du canal Mahmoudieh, à la hauteur des écluses de prise.

Le canal d'amenée, long de 170 mètres, a une largeur de 30 mètres à son embouchure et un ouvrage de prise composé de deux arches de 8 mètres et d'une de 5 mètres, fermées par des portes métalliques ; le niveau du radier de cet ouvrage est à la cote 90 centimètres au-dessous de la mer.

Le canal de décharge, long de 90 mètres, a 26 mètres de largeur au plafond; il débouche dans le canal Mahmoudieh par un ouvrage formant pont sous la digue du canal, et composé de cinq arches de 4 mètres; la cote d'altitude du plafond de ce canal est de 1,26 m.

En 1890, lorsque les conditions d'irrigation de la province de Béhéra se trouvèrent complètement modifiées par suite de l'achèvement des travaux du rayah de Béhéra, le gouvernement racheta à la Société les usines et résilia le contrat pour une somme de 5 820 000 francs.

Pendant la période de fonctionnement des usines, les plus fortes quantités d'eau élevées annuellement correspondent aux étiages de 1888 et de 1889.

Pendant l'étiage de 1888, l'usine d'Atfeh marcha du 25 novembre 1887 au 25 août 1888, soit pendant deux cent soixante-seize jours, avec une élévation moyenne de 1 775 362 mètres cubes par jour, et l'usine du Katatbeh donna une moyenne de 2 371 190 mètres cubes par jour pendant cent quatre-vingt-cinq jours, entre le 8 février et le 12 août 1888. On éleva donc en tout, pendant cette saison, dans les deux usines, 1 060 000 000 de mètres cubes et on paya à la société, suivant son contrat, 1 715 000 francs. La quantité maxima fournie par les deux usines au mois de juillet était de 5 250 000 mètres cubes par jour.

Pendant l'étiage de 1889, l'usine d'Atfeh marcha deux cent soixante-onze jours et celle du Katatbeh deux cent vingt-quatre jours ; la quantité totale d'eau élevée fut de 882 millions de mètres cubes et la somme payée à la société de 1 507 000 francs.

En calculant sur une superficie cultivable de 200 000 hectares, c'est donc une dépense de 7,50 fr. à 8 francs par hectare que représentaient les frais d'élévation d'eau à la charge du gouvernement, et de 22,50 fr. à

24 francs par hectare cultivé, en admettant qu'un tiers de la surface portât des récoltes d'été.

En fait, par la suppression des pompes, sans tenir compte de l'annuité de 684 300 francs payable à la Société pendant un certain nombre d'années pour intérêt et amortissement du capital de premier établissement et pour frais généraux, le gouvernement a économisé annuellement 900 000 francs environ représentant la dépense d'élévation d'eau. Or, la dépense d'entretien du rayah de Béhéra, entre l'ancienne usine du Katatbeh et le barrage du Delta, ne dépasse pas 150 000 francs par an, et, par le rayah, on peut avoir 6 millions et demi à 7 millions de mètres cubes par jour au lieu des 5 millions que donnaient les machines. Ces chiffres font bien ressortir l'intérêt qu'il y avait à arrêter les usines aussitôt qu'il fut possible de le faire avec sécurité et à alimenter cette province par un canal ayant sa prise en amont du barrage du Delta.

CHAPITRE XI

DIGUES ET CANAUX

Conditions générales de l'entretien des digues et des canaux. — Digues du Nil. — Digues des bassins. — Canaux. — Mode d'exécution des travaux d'entretien des digues et des canaux ; suppression de la corvée. — Terrassements à sec. — Entretien des digues du Nil et des bassins pendant la crue. — Dragages. — Moyens employés pour diminuer ou empêcher l'envasement des canaux : canaux Ramadi, Ibrahimieh ; rayahs Béhéra, Menoufieh, Tewfikieh. — Consolidation des berges par des fascinages et des plantations. — Envasements par suite de vitesses insuffisantes du courant.

CONDITIONS GÉNÉRALES DE L'ENTRETIEN DES DIGUES ET DES CANAUX

Pour une superficie cultivée de 2 380 000 hectares, l'outillage destiné à l'utilisation agricole des eaux du Nil comporte en chiffres ronds :

2 300 kilomètres de digues construites pour limiter le lit majeur du Nil pendant la crue ;

2 900 kilomètres de digues de séparation des bassins d'inondation ;

3 400 kilomètres de canaux d'inondation dans la région des bassins ;

12 500 kilomètres de canaux publics d'irrigation recevant l'eau toute l'année ;

3 000 kilomètres de canaux d'irrigation qui ne reçoivent de l'eau que pendant la crue.

4 500 kilomètres de canaux de drainage.

Si, dans la Haute Égypte, les digues des bassins et du Nil ne sont pas maintenues en bon état, la culture y est mise en péril et de grandes surfaces de terre sont menacées de stérilité. Dans la Basse Égypte, une rupture des digues du Nil pendant la crue noie les riches récoltes de coton qui sont alors sur pied et amène ainsi des désastres irréparables. Or, le remblai des digues est formé de limon et repose sur le limon de la vallée. Ainsi construites, elles ne peuvent résister à la pression des eaux, aux érosions du courant d'un fleuve dont le lit est essentiellement mobile, aux efforts des vagues soulevées par le vent à la surface des bassins ou du Nil, à toutes ces causes de détérioration qui se reproduisent chaque année, que si elles sont l'objet d'une surveillance attentive et d'un soigneux entretien.

Quant aux canaux, ils sont, sauf de très rares exceptions, creusés dans

un sol limoneux peu résistant ; sous l'action d'un fort courant, les berges s'éboulent sur le plafond, donnant lieu à des sinuosités et à des irrégularités fâcheuses du chenal. D'autre part, comme, pendant la crue, ils reçoivent une eau très chargée de matières, si la vitesse n'est pas alors partout bien uniforme et suffisante pour maintenir en suspension le limon, des envasements se produisent rapidement qui bouchent en partie le canal et diminuent son débit. Dans certains cas encore, les bancs de sable qui se déplacent le long du fleuve envahissent les prises des canaux et créent aux ingénieurs une autre série d'ennuis. Ce n'est donc qu'avec des précautions et des réparations continuelles qu'on peut assurer le fonctionnement régulier de l'ensemble des canaux qui sont les facteurs indispensables de la vie et de la fertilité dans tout le pays.

Ajoutons à cela que tous les ouvrages d'art qui assurent la répartition et l'écoulement des eaux, reposent sur un sol éminemment affouillable et qu'il faut, chaque année, défendre leurs fondations à grand renfort d'enrochements.

Ainsi, par suite des conditions d'établissement et de fonctionnement des canaux et des digues d'Égypte, d'importants travaux annuels d'entretien sont nécessaires pour ainsi dire tout le long de ces ouvrages ; chaque année, il faut vérifier les sections, ramener les canaux à leur profondeur normale et les digues à un profil convenable.

Si l'on n'y pourvoyait avec la plus grande régularité, il ne faudrait pas longtemps pour que la ruine et la stérilité règnent où l'on rencontre aujourd'hui abondance de biens et fécondité du sol. C'est, en effet, un caractère spécial de l'irrigation égyptienne que les ouvrages qui la desservent sont rapidement déformés et facilement détruits par l'usage même qu'on en fait, si une main attentive n'arrête pas au fur et à mesure les dégâts qui se produisent. C'est, par contre, une économie annuelle considérable et un grand bienfait pour l'agriculture quand le régime des eaux, réglé d'une façon rationnelle et surveillé continuellement, est établi de façon à diminuer autant que possible les envasements et les érosions.

En 1879, on calculait que le cube des terrassements à exécuter chaque année pour l'entretien des digues et des canaux était de 29 000 000 mètres cubes, dont 16 000 000 pour la Haute Égypte et 13 000 000 pour la Basse Égypte, sans compter 1 400 000 mètres cubes de dragages.

Vingt ans après, malgré le développement pris dans l'intervalle par tous les ouvrages d'irrigation et l'augmentation du volume d'eau distribuée régulièrement pour l'arrosage, ce cube n'était plus que de 19 000 000 mètres cubes, dont 11 000 000 pour la Haute Égypte et 8 000 000 pour la Basse Égypte, sans compter 1 800 000 mètres cubes de dragages.

Grâce aux systèmes de distribution employés, grâce à un entretien soigné

et méthodique, la quantité de travail à exécuter s'est trouvée ainsi diminuée

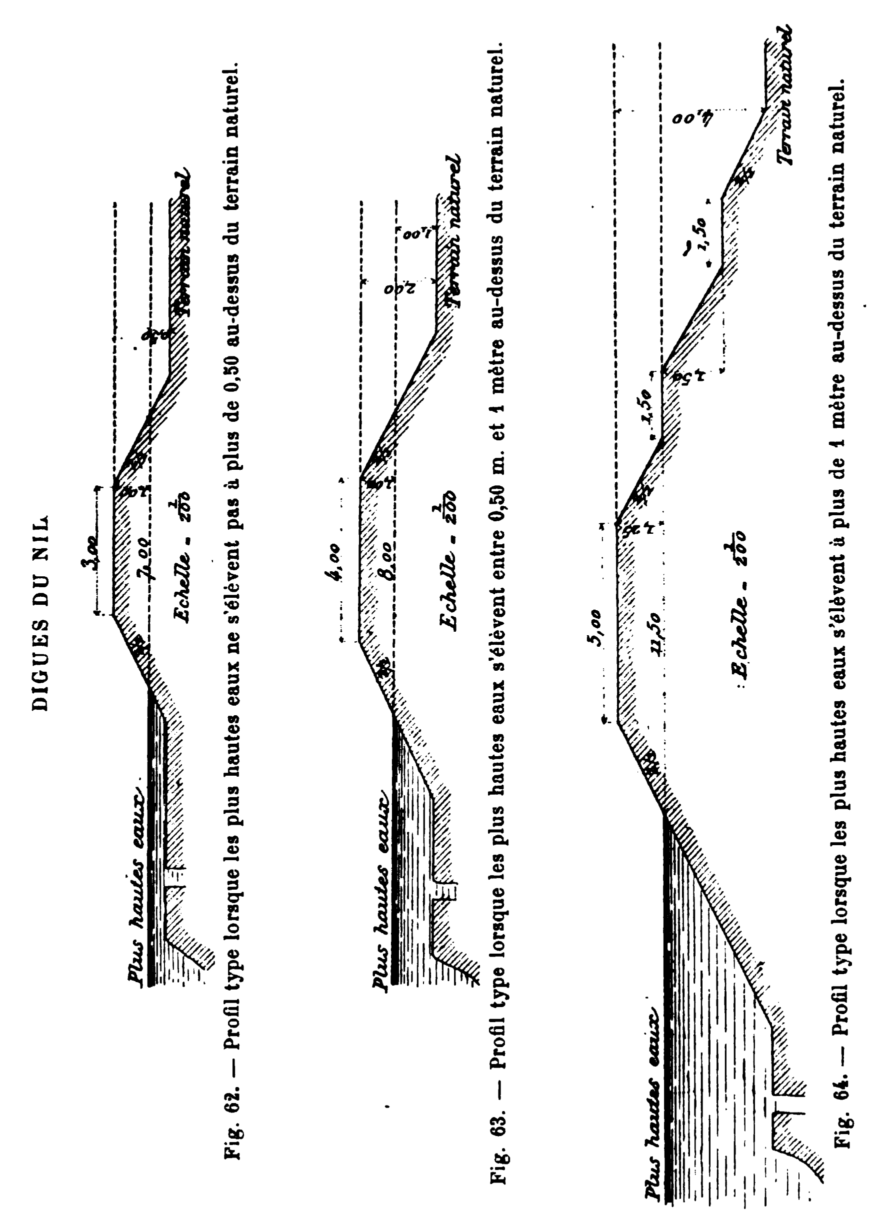


Fig. 62. — Profil type lorsque les plus hautes eaux ne s'élèvent pas à plus de 0,50 au-dessus du terrain naturel.

Fig. 63. — Profil type lorsque les plus hautes eaux s'élèvent entre 0,50 m. et 1 mètre au-dessus du terrain naturel.

Fig. 64. — Profil type lorsque les plus hautes eaux s'élèvent à plus de 1 mètre au-dessus du terrain naturel.

d'un tiers. C'est une économie annuelle de près de 4 000 000 de francs, représentant une moyenne de 1,65 fr. par hectare de terre cultivée.

DIGUES DU NIL

Le niveau des fortes crues dépasse les terres riveraines du Nil de 1 mètre environ dans la Haute Égypte et de 2 mètres à 3,50 m. dans la Basse

Égypte. Les digues du Nil sont des levées en terre destinées à protéger le pays contre l'envahissement de ces hautes eaux; elles sont établies tout le long et des deux côtés du fleuve, sauf dans les endroits où, le désert cotoyant les rives, il n'y a pas de cultures à protéger. Leur crête dépasse le niveau des plus hautes crues. Elles sont parfois construites sur le bord même du fleuve; mais le plus souvent leur tracé court à une certaine distance des berges, distance variable suivant les lieux et suivant l'amplitude des déplacements du fleuve entre ces digues, et pouvant atteindre jusqu'à 100 et 200 mètres.

Les terrains compris entre les digues et le lit même du Nil sont cultivés ordinairement en maïs ou sorgho, pendant la crue, avec de l'eau puisée dans le fleuve au moyen de sakiehs ou de chadoufs. Mais quand les propriétaires des terres situées de l'autre côté des digues ont besoin d'irriguer avec de l'eau pompée au Nil, on les autorise à établir au travers de ces digues des aqueducs ou des tuyaux d'amenée. Ces ouvertures, bien qu'elles soient fermées, bouchées avec des corrois de limon, et surveillées en temps de crue, constituent à ce moment-là, un certain danger; il est rare cependant, en raison de l'attention même qu'on y porte, qu'elles soient la cause de ruptures. Par prudence, on n'accorde pas de semblables autorisations dans les points où les hautes eaux s'élèvent à plus de 1,50 m. au-dessus du sol sur lequel la digue repose et où la distance entre le pied de la digue et la berge est moindre que 50 mètres.

Les digues du Nil, autrefois construites par les fellahs appelés en corvée pour ce travail, souvent réparées depuis, ont des sections très irrégulières; elles ont ordinairement des dimensions exagérées en épaisseur.

Les figures 62, 63 et 64 représentent des types de profils qui ont été adoptés depuis une dizaine d'années par le service des irrigations, comme profils minima à exécuter partout où l'on a à faire des digues neuves, ou lorsqu'une certaine longueur de digues nécessite des réparations importantes. La largeur de la crête varie de 3 à 5 mètres suivant la hauteur de l'ouvrage; les talus sont à 2 de base pour 1 de hauteur.

Avec le dernier profil, si l'on craint des infiltrations dangereuses, à cause de la nature du terrain, les talus inférieurs, du côté de la digue opposé au fleuve, sont inclinés à 3 de base pour 1 de hauteur et même moins si c'est nécessaire. Si le sol est léger et sableux, le talus tout entier est réglé à 3 de base pour 1 de hauteur et les banquettes sont supprimées.

DIGUES DES BASSINS

Les digues qui forment les bassins d'inondation sont, les unes transversales, séparant les bassins les uns des autres; les autres longitudinales,

séparant des chaînes parallèles de bassins ou isolant les bassins de terrains

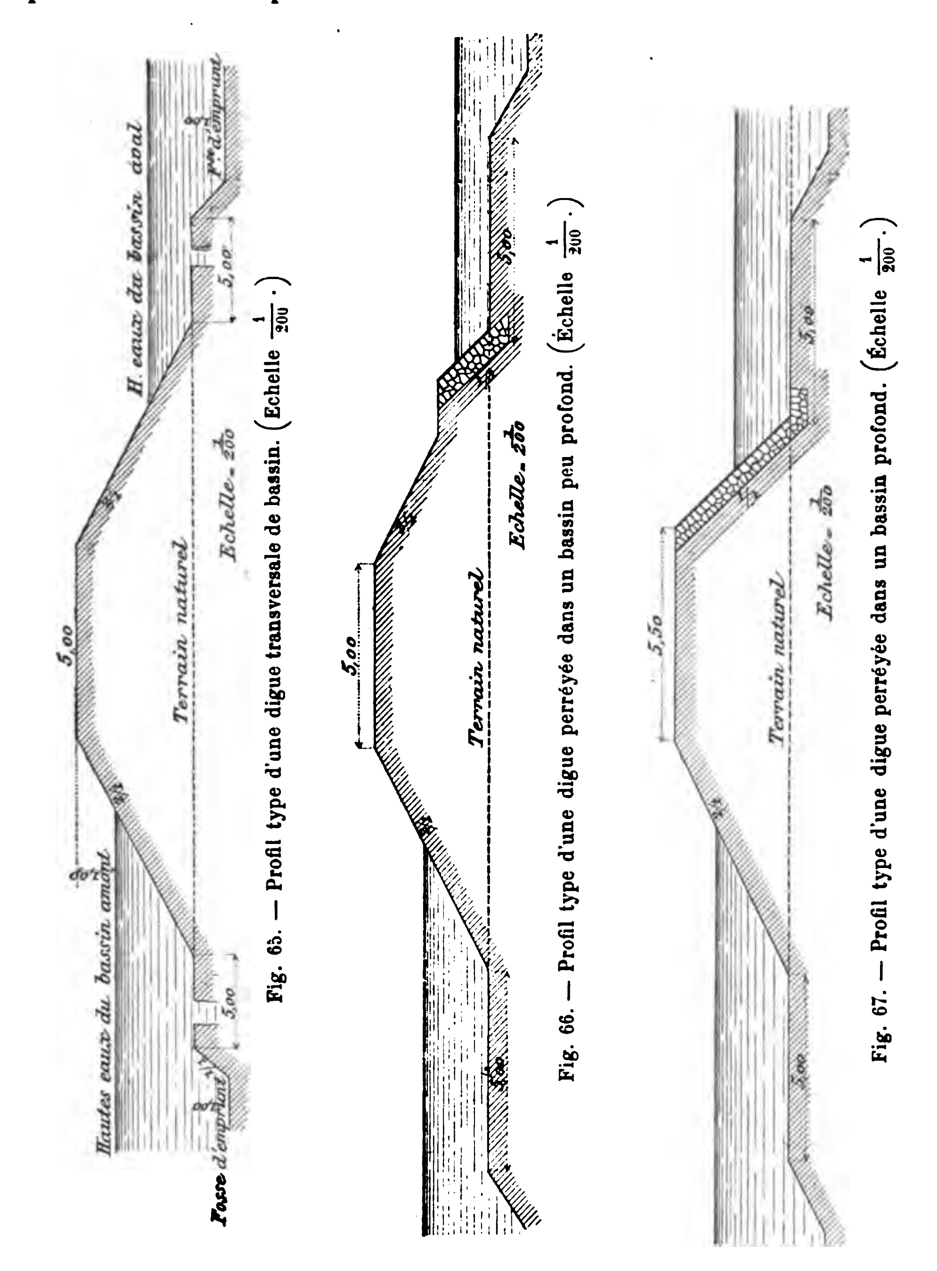


Fig. 65. — Profil type d'une digue transversale de bassin. (Echelle $\frac{1}{200}$.)

Fig. 66. — Profil type d'une digue perréyée dans un bassin peu profond. (Échelle $\frac{1}{200}$.)

Fig. 67. — Profil type d'une digue perréyée dans un bassin profond. (Échelle $\frac{1}{200}$.)

affectés à l'irrigation, ou du Nil, ou de cours d'eau tels que le canal Sohaghieh ou le Bahr Yousef.

Le tracé de ces digues, le plus souvent très anciennes, est généralement assez sinueux. Cela tient surtout, sans doute, à ce que, lorsqu'une digue se rompait, des affouillements se produisant à son emplacement, on reculait un peu l'assiette de la partie à reconstruire afin d'éviter des frais trop

considérables de remblai. Peu à peu, dans la suite des temps, les alignements primitifs ont eu ainsi une tendance à disparaître.

Étant établies sur un sol presque uniformément plat, la terre des digues est prise de chaque côté de leur emplacement, dans des fosses d'emprunt creusées au pied des talus; c'est aussi dans ces fosses d'emprunt qu'on prend la terre nécessaire aux rechargements. Le profil en travers des anciennes digues est généralement peu régulier; mais on le ramène peu à peu à un type uniforme indiqué par la figure 65.

C'est au moment du remplissage, et dans les cas de vidange subite et accidentelle du bassin aval, que ces digues ont à supporter la plus forte pression, ou encore lorsque le bassin est par accident rempli outre mesure. Les digues peuvent avoir alors à supporter des pressions de 1,50 m. à 2 mètres d'eau, rarement plus.

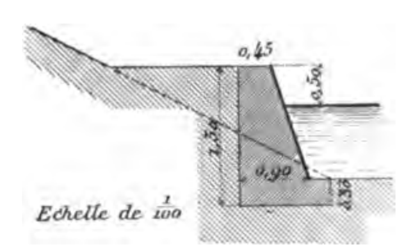


Fig. 68.

Les digues longitudinales des bassins sont construites comme les digues transversales ; mais lorsqu'elles sont destinées à isoler un bassin d'un terrain d'irrigation, la chambre d'emprunt extérieure au bassin est souvent utilisée comme fossé de drainage arrêtant les infiltrations qui proviennent des eaux du bassin et qui pourraient compromettre les récoltes irriguées.

L'une des causes principales de destruction des digues réside dans les vagues que le vent du nord, vent régnant pendant la saison de la crue, produit à la surface des bassins. Ces vagues sont d'autant plus fortes que les bassins ont plus d'étendue et de profondeur; elles désagrègent les talus. On a cherché à y remédier par des plantations de roseaux ou d'autres plantes ; mais, dans cette terre desséchée pendant la plus grande partie de l'année, les résultats ont été peu satisfaisants. Le procédé qui tend actuellement à se généraliser consiste à faire un revêtement en pierres sèches sur le talus nord des digues, comme l'indiquent les profils des figures 66 et 67. Les perrés sont faits avec des pierres pesant de 35 kilogrammes à 70 kilogrammes, les interstices étant remplis avec des pierres plus petites et des débris de carrières; ils ont 0,40 m. à 0,50 m. d'épaisseur.

Ces perrés coûtent en moyenne de 6,50 fr. à 8 francs par mètre linéaire de digue; mais lorsque les vents ont été violents et les vagues fortes, ils nécessitent des frais d'entretien assez élevés ; l'eau lancée contre le revêtement pénètre en effet à travers les joints jusqu'au corps même de la digue, qui est alors attaqué. Aussi a-t-on adopté pour certaines digues plus exposées un mur de défense disposé suivant le croquis ci-contre (fig. 68).

Ce mur coûte 13 francs le mètre courant; il est en pierre, avec mortier

de chaux et de limon du Nil et rejointoiement en bon mortier hydraulique. C'est une très bonne protection.

Il existait, en 1901, 307 kilomètres de digues protégées par des revêtements et le travail se poursuit chaque année.

Parmi les anciennes digues, il en est une qui est spécialement intéressante, c'est celle qui limite en aval le grand bassin de Kocheicha[1], bassin qui a une superficie de 33 600 hectares. Pour empêcher les désastres qui arriveraient à se produire si l'énorme quantité d'eau qui remplit ce bassin venait, par suite d'une rupture de digue, à se précipiter à travers les terres situées en aval, on a voulu donner une force exceptionnelle à cette digue. Elle est formée d'un noyau de terre compris entre deux murs en maçonnerie parallèles espacés de 8 mètres environ l'un de l'autre.

CANAUX

Le sol de l'Égypte étant très plat, les canaux sont toujours construits en déblais. Les terres sont rejetées, dans chaque profil en travers, sur les bords de la cuvette et forment digues; il n'y a pas de transports de terre parallèles à l'axe longitudinal. Les talus du canal sont souvent inclinés à 1 de base pour 1 de hauteur, ou à 2 de base pour 1 de hauteur et les talus des cavaliers à 3 de base pour 2 de hauteur. Pour les grands canaux donnant lieu à de forts déblais et par conséquent à des dépôts considérables sur les berges, une risberme de 2 à 3 mètres au moins de largeur est ménagée au niveau du terrain naturel entre l'arête de la cuvette et le pied de la digue. Souvent ces digues servent de route publique et alors elles ont en couronne 5 mètres de largeur au moins.

Le profil type ci-dessous (fig. 69) montre des dispositions généralement adoptées.

De chaque côté de l'axe est figurée dans ce profil une rigole de drainage destinée à recueillir les eaux d'infiltration du canal et à les empêcher de détériorer les terres riveraines. Ces rigoles sont indispensables partout où le niveau de l'eau du canal dépasse ordinairement celui des terrains de culture; mais, d'une façon générale, il n'en existe encore que le long de peu de canaux ; elles sont formées au moyen des fossés d'emprunt nécessaires pour renforcer les digues du canal lorsque celui-ci n'est creusé qu'à fleur du sol et ne peut fournir entièrement les remblais nécessaires pour ces digues.

La pente ordinaire des canaux est de 0,04 m. par kilomètre. Ce qu'il faut, avant tout, si l'on veut éviter des difficultés d'entretien, c'est que la vitesse y soit assez grande pour maintenir en suspension dans l'eau tout le limon qu'elle contient. On constate[2] que, parmi les anciens cours d'eau

[1] Voir page 96.

[2] M. Willcocks, Rapport sur l'irrigation pérenne, 1894.

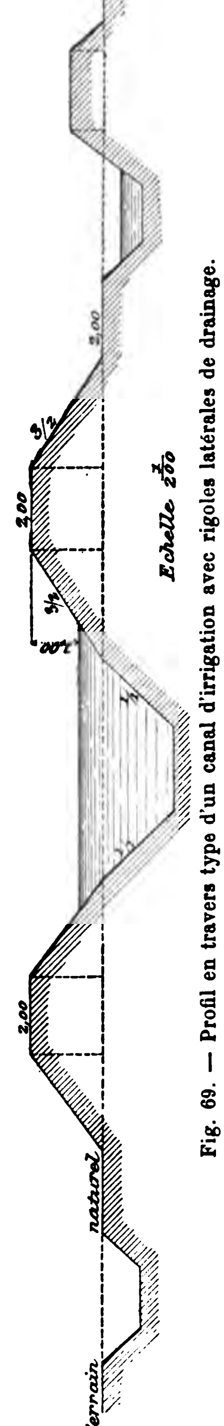


Fig. 69. — Profil en travers type d'un canal d'irrigation avec rigoles latérales de drainage.

naturels ayant leur prise au Nil, aujourd'hui transformés en canaux, ceux qui ne s'envasent jamais ont une vitesse moyenne d'environ 0,70 m. par seconde et que le rapport de leur largeur à leur profondeur est de 12 à 1.

Un autre point important à considérer, pour l'établissement des canaux qui partent du Nil, est le choix de l'emplacement à adopter pour la prise. Ce choix est en effet délicat, avec un fleuve dont le lit se déplace facilement et dont les eaux sont très limoneuses, si l'on veut, d'une part, assurer une bonne alimentation pendant toute l'année et, d'autre part, éviter les envasements qui se produisent nécessairement avec les changements de vitesse de l'eau.

Les règles traditionnelles suivies en Égypte sont les suivantes :

La prise est placée autant que possible dans une rive concave où les hauts fonds du Nil se trouvent contre la berge, et l'axe du canal est tracé aussi près que possible de la tangente à la courbe suivie par le courant central du fleuve. Mais lorsque, pour des raisons spéciales, le canal a sa prise dans un alignement droit du fleuve, sa direction fait avec le fleuve un angle aussi aigu que possible. Jamais la prise d'un canal n'est mise dans un endroit où se produit un banc de sable ; ce n'est guère, en effet, que dans ce cas que le sable qui court dans le fond du fleuve peut, lorsque le banc est arrivé à la hauteur du lit du canal, envahir celui-ci et, comme en vertu de son poids, il ne peut être transporté bien loin, il en obstrue complètement l'entrée.

Pour ne pas s'être toujours, dans les temps récents, conformé à ces règles, on a eu de grands déboires avec des canaux s'embranchant sur le Nil sous des angles de 45° et même 80°. Dans ces canaux, il s'est produit de grands dépôts le long de la berge amont de la prise et, par suite, des corrosions sur la berge aval. A la prise du canal Ibrahimieh, qui se trouve dans ces conditions, on n'a pu remédier à cet inconvénient qu'en revêtant le talus de la berge aval du canal avec de forts perrés en enrochements.

Ces remarques s'appliquent surtout aux canaux qui, comme c'était toujours le cas autrefois et comme c'est encore le cas de

beaucoup de canaux nili de la région des bassins, n'ont pas d'ouvrage de prise. Il est bon toutefois de s'y conformer aussi, même quand ils en ont un.

Autrefois, à cause des changements fréquents qui se produisent dans le cours du Nil, les ouvrages de prise n'étaient jamais établis sur la berge même du fleuve, mais seulement à une distance de 200 à 500 mètres de l'entrée du canal. Il en résultait des accumulations de limon entre le fleuve et la prise, comme à l'entrée du canal Ismaïlieh, auprès du Caire. Actuellement, on met toujours ou presque toujours les ouvrages à l'entrée même des canaux, mais on a soin d'en défendre les abords par des enrochements et par des perrés et, s'il y a lieu, de fixer le lit du Nil par des épis.

MODE D'EXÉCUTION DES TRAVAUX D'ENTRETIEN DES DIGUES ET DES CANAUX SUPPRESSION DE LA CORVÉE

Les envasements et les éboulements de talus sont les deux principales causes de détérioration qu'il faut combattre chaque année sur les canaux. Quant aux digues, ou elles s'affaissent sous l'effet des infiltrations, ou elles sont rongées par le courant, ou elles sont attaquées par le battillement des eaux; il faut les recharger et rétablir leurs profils et leurs talus tous les ans. En outre, pendant la crue, elles nécessitent une surveillance toute spéciale pour éviter les ruptures; les points menacés doivent être consolidés d'urgence.

Pour l'exécution de ces travaux absolument nécessaires à la vie de l'Égypte, il fallait entre les mains du gouvernement, aux époques où l'administration du pays n'était pas encore régularisée et où le budget des travaux publics n'était pas établi sur des bases fixes et certaines, et dépendait uniquement du pouvoir arbitraire des souverains, un instrument puissant, dont l'emploi fût indépendant et des ressources financières mises à la disposition des ingénieurs, et de la rentrée plus ou moins difficile des impôts. Cet instrument, on l'avait trouvé dans la corvée, c'est-à-dire dans l'obligation imposée à tous les habitants des campagnes de travailler gratuitement aux ouvrages destinés à assurer l'irrigation des terres; ainsi, chaque année, des troupes considérables de travailleurs non payés étaient tirées de leurs villages pour renforcer les digues et curer les canaux. Naturellement, un semblable déplacement d'hommes ne se faisait pas sans donner lieu à des actes d'injustice et de cruauté, et la courbache était le grand auxiliaire des fonctionnaires chargés d'opérer le rassemblement des corvées. En outre, la corvée avait été souvent détournée du but auquel elle était spécialement destinée; ainsi, elle servit à la construction des chemins de fer, d'une partie du canal de Suez, des bassins de radoub et,

en général, à toutes sortes de travaux publics, parfois aussi à des travaux particuliers pour le plus grand profit des cheikhs, des pachas et des agents du pouvoir.

La corvée, dans de semblables conditions, ne pouvait être qu'odieuse au fellah. D'ailleurs, si elle peut être nécessaire dans certaines circonstances, exceptionnelles ou impérieuses, elle n'est, dans la plupart des cas, qu'un mauvais mode d'utilisation de l'énergie vitale d'un pays ; elle ne peut convenir qu'à des contrées dont l'administration est mauvaise et imprévoyante ou dont le trésor est vide.

Déjà, en 1881, sous l'influence des idées européennes, on avait senti le besoin de bien déterminer les travaux qui devaient être mis à la charge de la corvée.

Par le décret khédivial du 25 janvier 1881, les travaux relatifs aux irrigations étaient partagés en trois catégories : ceux à la charge de l'État, c'est-à-dire dont les dépenses étaient imputées sur les ressources du budget, ceux à la charge de la population en général, c'est-à-dire dont l'exécution devait être faite par corvées, et ceux à la charge des propriétaires des terrains intéressés.

Les travaux à la charge de l'État étaient les suivants :

Les travaux concernant les ouvrages d'art qui intéressent une ou plusieurs provinces, existant ou à faire sur le Nil et ses branches, sur ses digues, sur les canaux principaux, sur les digues des bassins de la Haute Égypte et autres digues d'intérêt général;

Les curages s'exécutant au moyen de dragues, y compris toutes dépenses d'acquisition, de fonctionnement et d'entretien (en 1881, les dragages n'étaient guère appliqués qu'aux trois grands canaux Ibrahimieh, Ismaïlieh et Mahmoudieh) ;

La fourniture et le transport des matériaux tels que pierres, bois, etc., réclamés par l'intérêt général, soit pour la conservation des digues et des ouvrages, soit pour la fermeture des ouvrages de retenue et des prises d'eau des canaux.

Les travaux à la charge de la population en général étaient les suivants :

Les terrassements, remblais et déblais et les curages à la main, qu'ils intéressent une ou plusieurs provinces, les villages d'un ou plusieurs districts[1] ;

Le gardiennage des digues et des ouvrages pendant la crue du Nil ;

Le maniement et la mise en œuvre des matériaux destinés à la conservation des digues, canaux, ouvrages d'art et aux fermetures des barrages et des prises d'eau.

[1] Les districts correspondent à peu près à nos cantons de France.

Les travaux à la charge des intéressés étaient :

Les travaux de terrassement, de gardiennage, de fermeture des barrages et prises d'eau dont profitent seulement un ou deux villages ou des propriétés particulières ;

Les travaux qui se rapportent aux ouvrages d'art faits ou à faire sur les canaux ou digues intéressant soit des villages d'un ou plusieurs districts, soit un village, soit une propriété particulière.

Les travaux incombant à la corvée sont ceux qui sont désignés ci-dessus comme étant à la charge de la population en général et ils étaient ainsi parfaitement limités. Il y avait en outre des corvées particulières pour les ouvrages intéressant soit un village, soit des villages d'un ou plusieurs districts. Ainsi, sauf ce qui concerne la construction et l'entretien des ouvrages d'art et sauf pour les dernières ramifications des canaux, la corvée devait fournir, sous le régime du décret de janvier 1881, toute la main-d'œuvre nécessaire à la construction, à l'entretien et à la surveillance des canaux et des digues.

On comptait que, pour les travaux d'irrigation, il fallait convoquer le quart de la population mâle des campagnes pendant quarante-cinq jours. Dans les devis, on admettait que, en moyenne, un homme de corvée exécutait 1,80 m^3. de terrassements, soit 2,30 m^3. pour le curage des canaux peu profonds et le renforcement des digues, et 1,35 m^3. pour les canaux profonds.

En présence des difficultés de plus en plus grandes rencontrées dans le rassemblement des hommes de corvée, et aussi de l'extension du réseau des canaux sefi dont les artères principales ne pouvaient être entretenues au moyen de curages à sec, on avait commencé par autoriser les corvéables à se racheter; on avait même abaissé le taux de rachat, en 1885, jusqu'à 7,80 fr. par homme dans la Basse Égypte, 3,90 fr. pour les régions des rizières et 5,20 fr. dans la Haute Égypte. Mais une mesure plus radicale fut prise peu d'années après. Le 28 janvier 1892, parut un décret khédivial supprimant la corvée, sauf pour le gardiennage et la surveillance des digues et autres ouvrages pendant la crue du Nil.

L'article premier de ce décret, qui marque une date importante dans l'histoire de l'irrigation égyptienne, et qui exonérait la population d'une charge lourde et vexatoire plusieurs fois séculaire, est ainsi conçu :

La corvée est et demeure supprimée dans toute l'Égypte.

Le gardiennage et la surveillance des digues et autres ouvrages, ainsi que les travaux d'urgence, en cas de danger pendant la crue du Nil, resteront seuls à la charge de la population ; le nombre des journées demandées de ce chef à la population sera indiqué dans un rapport que notre ministre des Travaux Publics nous adressera à la fin de chaque année ; ce rapport qui sera inséré au Journal Officiel, spécifiera, en outre, pour ce qui concerne les travaux d'urgence en cas de danger pendant la crue du Nil, les

motifs à raison desquels il n'aura pas été possible de les faire exécuter moyennant rémunération.

Ce décret avait été pris après un essai d'exécution à l'entreprise des travaux incombant à la corvée, essai qui avait été inauguré en 1890 sous l'inspiration de Nubar Pacha, président du conseil des ministres, et de Sir Colin Scott Moncrieff, sous-secrétaire d'État au Ministère des Travaux Publics. La suppression de la corvée avait été rendue possible grâce à l'affectation d'un crédit annuel de 10 400 000 francs, destiné à payer aux entrepreneurs les travaux qui auparavant incombaient à la corvée[1]. Les travaux à exécuter sur ce fonds spécial sont discutés chaque année, vers le milieu du mois de décembre, par les agents du service des irrigations, dans des réunions provinciales où figurent, avec les administrateurs des provinces, plusieurs notables de la région.

Ainsi, actuellement, tous les travaux d'irrigation sont faits par entreprises. Le gardiennage des digues du Nil et des bassins pendant la crue, les travaux urgents de consolidation à exécuter à ce moment-là, ainsi que les manœuvres des ouvrages de la région des bassins, sont seuls à la charge de la corvée.

TERRASSEMENTS A SEC

Les terrassements à sec pour l'entretien des digues et des canaux s'exécutent pendant l'hiver. Pour le curage des canaux sefi, des périodes de chômage sont fixées pendant les mois de janvier et de février ; c'est l'époque où les terres n'ont que de très faibles besoins d'eau.

Les seuls instruments employés pour ces travaux sont le *fass*, espèce de houe en fer assez large et à manche court, et le *couffin*, sorte de panier cylindrique tressé en feuilles de palmier. Le fass sert à piocher la terre et le couffin à la transporter. Le couffin ordinaire est muni de deux anses en corde de palmier et il contient une charge utile de 10 à 15 litres, bien qu'il ait une capacité d'une vingtaine de litres. Les couffins soignés sont bordés et renforcés avec des cordes de palmier. Les couffins ordinaires peuvent être utilisés, avant d'être mis hors d'usage, au transport de 40 mètres cubes de terres sèches ou de 30 mètres cubes de terres humides, et les couffins bordés peuvent servir à transporter jusqu'à 50 et 60 mètres cubes de terres sèches ou humides. Le prix d'un couffin est de 0,35 fr. à 0,40 fr. ; les couffins bordés coûtent 0,50 fr. à 0,60 fr.

Les hommes sont échelonnés le long du canal à curer ou de la digue à renforcer et partagés en fouilleurs et transporteurs ; ces derniers sont souvent des enfants. L'homme, avec son fass, pioche le lit du canal ou la

[1] Sur ce crédit une somme de 6 500 000 francs est fournie sur les fonds de la Caisse de la Dette Publique avec le consentement des grandes puissances.

chambre d'emprunt et pousse la terre dans le couffin que l'enfant soulève par ses deux anses et porte sur la tête jusqu'au cavalier ou au lieu du dépôt.

Il est rare que les transports de terre aient lieu autrement que dans des profils transversaux. Les remblais pour les digues des bassins ou du Nil sont généralement pris dans les chambres d'emprunt qui ont servi à leur construction et qui sont chaque année plus ou moins remblayées par les eaux de submersion limoneuses. Quant au produit du curage des canaux, il est déposé en cavaliers sur les berges. Ces travaux ne comportent donc pas de longues distances de transport. Dans les contrats de terrassements d'entretien, le prix de base est établi sur un transport horizontal de 25 mètres et sur un transport vertical de 5 mètres. Au delà de ces distances, l'entrepreneur a droit à une plus-value. Dans les contrats de travaux neufs, la distance limite de transport est fixée à 30 mètres. Lorsque cette distance, ce qui arrive rarement, approche ou dépasse une centaines de mètres, l'emploi de l'homme devient trop coûteux comme transporteur ; on le remplace par l'âne ou le chameau.

De chaque côté du bât de l'animal est accroché un panier en tresses de palmier, de forme tronc-conique, dont le fond, mobile autour d'une sorte de charnière en corde de palmier à la façon d'un clapet, peut être maintenu fermé au moyen d'un bout de corde et d'un crochet en bois. Chaque panier a 0,80 m. à 0,90 m. de hauteur et 0,60 m. à 0,70 m. de largeur à son ouverture ; il contient environ 75 litres. Ces paniers sont remplis au moyen de couffins ordinaires ; pour les vider, il suffit d'en ouvrir le fond. Le chameau se couche pour la charge et reste debout pour la décharge ; souvent on substitue des caisses en bois aux paniers tressés.

En Égypte, tout paysan est un terrassier ; cependant, pour les travaux, on préfère les hommes de la Haute Égypte ; on les désigne sous le nom de saïdiens. Les terrassiers se paient, en général, de 1 franc à 1,50 fr. et les enfants de 0,60 fr. à 0,75 fr. pour la journée. Le plus souvent, sur les chantiers, ces ouvriers se réunissent par groupes et prennent de petites tâches. Le prix de la journée du chameau est de 5 francs, conducteur compris.

Les terrassements d'entretien sont payés 0,30 fr. par mètre cube pour le curage des canaux nili et pour le rechargement des digues, et 0,50 fr. pour le curage des canaux sefi. Dans ce dernier cas, l'administration manœuvre les ouvrages régulateurs de façon à empêcher l'entrée des eaux dans le bief à curer et à faciliter l'écoulement de celles qui y sont contenues ; c'est aux entrepreneurs qu'il appartient de terminer l'asséchement de la manière qui leur convient le mieux. Ils obtiennent ordinairement ce résultat en partageant le bief à curer en plusieurs parties par des barrages provisoires en terre et en rejetant les eaux qui restent d'une section dans l'autre.

Ces barrages sont enlevés avant qu'on ne remette l'eau dans le canal, après les mesurages. Tous ces frais sont compris dans le prix unitaire du mètre cube. Le curage des canaux se fait lorsque les dépôts atteignent au moins 0,20 m. d'épaisseur. Pour mesurer les cubes exécutés, les entrepreneurs laissent tous les 200 mètres une bande de terrain de 5 mètres de largeur sans y toucher. La surface de ces profils témoins, qui ne sont enlevés qu'après la vérification du travail, multipliée par la distance de deux profils, donne le volume des déblais.

En général, on confie à un même entrepreneur, par adjudication, chaque année, tous les travaux d'entretien des digues et canaux d'un même district. Un même entrepreneur peut prendre plusieurs districts.

Au point de vue de la rapidité de l'exécution, on fixe les bases suivantes à chaque entreprise :

Pour un cube total de moins de 15 000 mètres cubes, 1 000 mètres cubes par jour; pour un cube total compris entre 15 000 mètres cubes et 20 000 mètres cubes, 1 500 mètres cubes par jour; pour un cube total supérieur à 20 000 mètres cubes, 2 000 mètres cubes par jour.

De fortes amendes sont prévues dans les contrats pour les retards dans l'exécution; il est en effet important, surtout pour les canaux sefi, que la période de chômage soit strictement limitée d'après les besoins des cultures.

ENTRETIEN DES DIGUES DU NIL ET DES BASSINS PENDANT LA CRUE

Ces travaux relèvent de la corvée [1], le gouvernement fournit seulement les matériaux nécessaires à la consolidation éventuelle des digues.

Les corvéables désignés commencent à être convoqués lorsque le Nil arrive à l'altitude 17,88 m. (18 pics) au nilomètre Rodah; ils sont échelonnés le long des digues en proportion variable, d'après le degré de sécurité qu'elles présentent; parfois deux hommes suffisent pour garder un kilomètre de digues; d'autres fois, on en met une quinzaine; en moyenne, quatre hommes par kilomètre de digue du Nil et sept par kilomètre de digue de bassin, sans compter ceux qui sont préposés à la surveillance et à la manœuvre des ouvrages d'art des bassins. Ces hommes restent en service jusqu'à ce que toute crainte de danger ait disparu.

Protégés du soleil pendant leurs moments de repos par de petits abris en roseaux, ils restent en permanence sur la digue qu'ils ont à surveiller; ils veillent aux infiltrations qui peuvent se produire, aux affaissements, aux érosions; ils exécutent les petits travaux courants de défense, transmettent verbalement d'un poste à un autre les ordres ou les nouvelles,

[1] Décret du 28 janvier 1892, page 271.

portent les instructions des ingénieurs ou des cheikhs, donnent l'alarme aux villages en cas de danger et appellent à leur aide pour les besognes urgentes. Ces hommes travaillent sous les ordres des autorités administratives des villages (cheikhs et omdehs), des districts et des provinces, et ils sont dirigés par les ingénieurs du service des irrigations, qui ont chacun une certaine longueur de digues sous leur responsabilité, et qui ont à leur disposition des dahabiehs ou des canots à vapeur sur lesquels ils habitent et au moyen desquels ils peuvent se rendre rapidement sur les points menacés. Ces agents transportent en même temps, sur leurs canots ou au moyen de barques dans lesquelles il est approvisionné à l'avance, le matériel de première nécessité pour la consolidation des digues, qui consiste en moellons, bois de diverses dimensions, roseaux, sacs à terre, etc., ainsi que des fass et des couffins qui sont toujours les outils employés pour les terrassements.

Les moellons sont pris dans des dépôts qui sont formés pendant l'hiver sur les bords du Nil, auprès des endroits les plus exposés. Quant aux bois, outils, sacs à terre, ils sont tenus en réserve dans des magasins disséminés dans les villages et en sont extraits au moment de l'emploi; ceux de ces matériaux dont on s'est servi et qui peuvent encore être utilisés sont réunis après la crue et remis en magasin pour les années suivantes. Les roseaux sont déposés dans le voisinage des digues à défendre ou sur les digues mêmes.

Les crues qui sont les plus dangereuses pour les digues sont celles qui sont hautes et de longue durée ; elles mouillent l'intérieur des digues, en diminuent la résistance et produisent souvent des affaissements.

La première précaution, lorsque les eaux montent, est de boucher avec soin, au moyen de pieux et de sacs à terre, tous les aqueducs ou tuyaux de prise d'eau appartenant aux particuliers, qui sont établis au travers des digues. Puis, pendant la crue, après que les postes de gardiens ont été répartis et lorsqu'ils signalent des signes de faiblesse ou de corrosion en un point d'une digue, on met en usage, de la façon suivante, les matériaux approvisionnés.

Les enrochements sont employés pour former des épis qui détournent le courant; pour protéger les fondations d'ouvrages en maçonnerie; pour diminuer la pression sur des ouvrages de prise de solidité insuffisante en formant des barrages provisoires en travers d'un canal. Ils sont encore jetés sur le talus d'une digue menacée pour constituer à sa surface un parement résistant, mais c'est là un procédé coûteux et souvent peu efficace, car les eaux pénètrent toujours à travers les moellons jusqu'au noyau de la digue qu'elles continuent à délaver. On arrive cependant, par ce dernier moyen, à défendre certains villages construits sur le bord même du Nil, juste

derrière la digue ; par des rechargements successifs, celle-ci arrive à être très solide, étant alors composée d'une grande quantité de pierres qui ont pénétré peu à peu dans le corps même du remblai.

Les sacs à terre sont le meilleur moyen de défendre les digues ; ils sont faciles à apporter, vite remplis et forment une excellente protection. Pour les employer, on plante d'abord dans le pied du talus une file de pieux qu'on relie ensemble par des moises et qu'on maintient en arrière par des tirants en bois et des contre-fiches ; entre ces pieux et les talus, on empile des sacs à terre qui forment un mur presque vertical. Le plus souvent (c'est la méthode traditionnelle en Égypte), au lieu de sacs à terre on se sert, de la même manière, de roseaux et de broussailles.

La quantité de pièces de bois ainsi mises en œuvre pendant les fortes crues est considérable. Ainsi, en 1887, on en consacra 55 000 à la défense des digues du Nil qui protègent contre l'inondation la partie centrale du Delta et qui ont ensemble une longueur totale de 430 kilomètres.

Quand une digue est rapidement rongée par le courant, une méthode usitée est de construire, contre la digue et sur le parement extérieur, une banquette formant contrefort. Mais, si ce procédé est bon lorsque le sol est résistant, il est dangereux dans bien des cas ; il arrive souvent en effet qu'il existe en arrière de la digue une chambre d'emprunt dont le fond, rendu mou et spongieux par les efflorescences salines provenant des infiltrations, n'est pas en état de supporter le poids d'un remblai.

On considère, dans presque toutes les circonstances où une digue est attaquée, qu'il est préférable de la protéger par des sacs à terre, ou, si le courant est trop violent, d'immerger des enrochements jusqu'à une hauteur de 2 mètres environ au-dessous de l'eau et de mettre les sacs à terre à l'abri de ces enrochements.

Enfin, comme dernière ressource, si des infiltrations trop fortes traversent la digue et font craindre une prompte rupture, on construit d'urgence une nouvelle digue en arrière et à une certaine distance de celle qui est menacée.

Parfois, dans le Delta, où une rupture peut produire de si grands désastres en détruisant de larges étendues de récoltes, quand la digue du Nil inspire des inquiétudes, soit en raison de sa composition ou de sa hauteur, soit pour toute autre cause, on établit en arrière, à l'avance et par mesure de précaution, une seconde digue de sûreté.

Ordinairement, c'est la rive concave qui est menacée ; mais, dans les fortes crues, les courbes du courant s'allongent et alors le sommet des digues convexes se trouve en danger.

L'entretien du profil des digues pendant l'hiver et la surveillance pendant la crue sont actuellement assez bien réglés et toutes les mesures de

précautions nécessaires assez bien prises pour que les ruptures soient relativement très rares et que leur effet en soit très vite arrêté.

En plus des soins donnés à la défense des digues du Nil pendant la crue et à leur entretien pendant les basses eaux, on doit encore, pendant le cours de l'année, procéder le long du fleuve à d'autres travaux. Ce n'est pas, en effet, pendant la crue seulement que le fleuve ronge ses berges, c'est aussi et surtout au moment des eaux moyennes et même pendant l'étiage. En général, quand les digues ne sont pas menacées, quand les déplacements du courant n'intéressent pas des ouvrages d'utilité publique ou des centres habités, le gouvernement ne s'en préoccupe pas; mais quand il le juge utile, c'est ordinairement par des épis qu'il fixe ou rectifie le lit du Nil. Ces travaux de régularisation n'ont pas pris jusqu'à présent un grand développement.

Les travaux de défense contre la crue du Nil coûtent chaque année à l'Égypte 1 000 000 à 1 500 000 francs; la dépense est plus élevée dans les années de forte crue. Ces chiffres ne comprennent pas le prix des corvées qui gardent les digues et qui représentent environ 1 600 000 journées. En évaluant cette main-d'œuvre à 1 franc par homme et par jour, on arrive ainsi à une dépense totale de 3 000 000 francs environ. Répartie sur les 2 380 000 hectares qui forment la surface de l'Égypte, ce chiffre correspond à 1,26 fr. par hectare et, par rapport à la longueur des digues du Nil et des bassins, qui est de 5 200 kilomètres, la dépense est de 577 francs par kilomètre.

DRAGAGES

Avant 1885, les trois canaux Ibrahimieh, Ismaïlieh et Mahmoudieh étaient les seuls qui fussent régulièrement entretenus au moyen de dragues; tous les ans, on faisait aussi quelques dragages en certains points du Nil, pour dégager les prises de quelques grands canaux.

Jusqu'en 1884, le gouvernement exécutait lui-même ces travaux en régie avec un matériel lui appartenant; à cette époque, un entrepreneur fut chargé de draguer l'Ibrahimieh pendant plusieurs années avec le matériel même du gouvernement; l'entretien du Mahmoudieh fut traité dans des conditions analogues avec un autre entrepreneur.

Puis, en 1885, l'entretien et la mise au profil par dragages furent étendus à d'autres canaux, et on confia à deux entrepreneurs, dans de certaines limites de cube annuel, l'exécution générale, au moyen de dragues, du curage des canaux sefi de la Basse Égypte pendant une période de huit années, ces entrepreneurs pouvant utiliser en partie leur propre matériel et en partie le matériel du gouvernement; l'entretien du canal Ismaïlieh se trouvait compris dans l'un de ces deux contrats. Depuis cette époque,

tous les dragages se font par entreprise, le gouvernement ayant complètement renoncé à l'exécution en régie des travaux de cette nature.

Il y a actuellement trois entreprises de dragages : l'une, pour le canal Ibrahimieh ; l'autre, pour la province de Béhéra, et la troisième, pour les autres provinces de la Basse Égypte. La première entreprise a exécuté pendant les cinq années 1896-1901, un cube annuel moyen de 262 000 mètres ; la seconde, un cube moyen de 497 000 mètres, dont 323 000 pour l'entretien des drains et des canaux et 174 000 pour travaux neufs ; la troisième, un cube moyen de 1 471 000 mètres, dont 979 000 pour l'entretien et 492 000 pour travaux neufs.

L'ancien matériel du gouvernement égyptien encore employé dans ces travaux se compose, pour la plus grande partie, d'appareils achetés autrefois aux entrepreneurs du canal de Suez. Quelques-uns sont des dragues à long couloir qui déposent les déblais directement sur les berges ; d'autres sont de simples dragues à godets qui se déchargent dans des chalands ou dans des gabarres à vapeur. Ce vieux matériel avait été augmenté en 1884 de deux fortes dragues à godets commandées en Angleterre. Les entrepreneurs l'emploient concurremment avec leurs propres engins, qui se composent de dragues à pompes, de dragues à godets et de dragues à cuiller des types ordinaires.

Les dragues à pompes sont celles qui paraissent, de l'avis des ingénieurs du service des irrigations, convenir le mieux au curage des grands canaux sefi, lorsque les dépôts à enlever sont récents ou sableux ; elles peuvent produire 500 à 600 mètres cubes de déblai par jour quand la hauteur d'élévation n'est pas trop forte. Mais, quand les dépôts sont anciens, il faut avoir recours aux dragues à cuiller et à godets ; et, dans ces dernières, il faut avoir soin que les godets aient une forme assez évasée pour que le limon ne reste pas attaché aux parois.

On dispose du produit des dragages de diverses manières.

Lorsque le travail se fait près de la prise du canal, les déblais sont chargés dans des gabarres et jetés au Nil. Dans les biefs intérieurs, ils sont portés, par des ouvriers, des chalands sur les cavaliers, ou bien, quand les arrangements des dragues le permettent, ils sont rejetés directement sur la banquette du canal dans des cunettes longitudinales de 6 à 8 mètres de largeur et de 1,50 m. à 2 mètres de profondeur, creusées à cet effet (fig. 70). Ces cunettes sont vidées avant chaque nouveau curage et leur contenu, alors bien sec, est facilement mis en cavalier à bras d'homme à quelques mètres en arrière. D'autres fois encore, les dragues à godets se déversent dans des chalands où des pompes centrifuges reprennent les déblais pour les refouler soit dans les cunettes, soit sur des terrains bas ou incultes situés non loin du canal.

Les clauses les plus intéressantes du contrat de dragage des provinces centrales et orientales du Delta sont les suivantes :

La durée du contrat est de huit ans et peut être portée à quinze ans.

Le matériel, les ateliers, magasins, etc., appartenant au gouvernement et mis à la disposition des entrepreneurs, doivent être entretenus en bon état de réparation et restitués au gouvernement à l'expiration du contrat dans le même état où ils se trouvaient au moment de l'inventaire, sauf l'usure due aux effets du temps et aux causes naturelles.

Dans le cas où le matériel de dragage prêté par le gouvernement se trouverait hors d'usage avant l'expiration du contrat, ou ne serait pas adapté à une partie quelconque du travail à exécuter, l'entrepreneur n'a

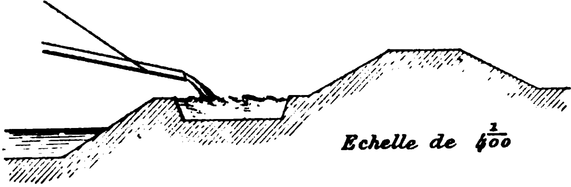


Fig. 70.

aucun droit de réclamer du gouvernement ni un nouveau matériel, ni un prix supérieur à celui qui est spécifié.

Les entrepreneurs fournissent à leurs frais le reste du matériel de dragage, les chalands, remorqueurs, etc.

Le gouvernement se réserve le droit de curer tout canal ou drain à bras d'hommes ou par dragage.

Si l'entrepreneur n'achève pas un travail dans le délai qui lui a été fixé, le gouvernement a le droit d'arrêter le dragage et de faire le curage à bras d'hommes en faisant supporter à l'entrepreneur l'excédent de dépenses.

Aussitôt que possible après le premier novembre de chaque année, le gouvernement notifie le plan de campagne qui peut être d'ailleurs modifié par suite de circonstances imprévues.

Les entrepreneurs s'engagent à draguer tout canal ou drain dont la largeur au plafond n'est pas inférieure à 5 mètres et dont la profondeur est suffisante pour permettre aux dragues de flotter.

Aucun minimum de dragage annuel n'est fixé; mais l'entrepreneur n'est pas obligé de draguer plus d'un million de mètres cubes dans une campagne, à moins qu'avis ne lui en soit donné deux mois avant le 1er novembre, et alors il est tenu d'exécuter les ordres en tant qu'il lui est possible de le faire.

La saison de dragage des canaux s'étend du 1er novembre au 1er juin. Les drains peuvent être dragués à n'importe quelle époque.

L'entrepreneur doit maintenir un matériel de dragage avec équipages,

combustible, etc., suffisant pour draguer 130 000 mètres cubes par mois entre le 1er novembre et le 1er juin et 20 000 mètres cubes par mois entre le 1er juin et le 1er novembre.

La banquette sur laquelle doit être déposé le produit du dragage est réduite une fois pour toutes à une hauteur n'excédant pas 4 mètres au-dessus du niveau moyen des eaux en avril, et cela par les soins du gouvernement, ou à ses frais, moyennant paiement de 0,40 m. par mètre cube. La largeur de la banquette n'est pas moindre de 6 mètres. C'est ensuite à l'entrepreneur qu'incombe le nivellement ultérieur de cette banquette lorsqu'elle a été surhaussée par les dépôts.

Les quantités de dragage exécutées sont déterminées au moyen de profils relevés quinze jours au plus avant le commencement et après la fin du travail.

On ne drague un canal que lorsqu'il y a au moins une épaisseur de 0,30 m. à enlever. Si la cote du fond après le dragage est 0,15 m. trop basse ou plus, on paie ce surplus jusqu'à 0,15 m. seulement. On ne paie rien pour toute portion de canal dont le lit a été laissé au-dessus du niveau prescrit. Si certaines parties sont laissées à une hauteur supérieure de 0,20 m. au niveau prescrit, on peut exiger de l'entrepreneur qu'il ramène sa drague pour faire le déblai nécessaire.

Le prix fixé est de 0,92 fr. par mètre cube dragué.

Pour les dragages du canal Ibrahimieh, le prix du mètre cube est de 0,97 fr. ; les autres clauses sont peu différentes de celles qui viennent d'être indiquées, toutefois des conditions spéciales ont été introduites pour préciser le mode de mesurage.

On comprend, en effet, que, la détermination du travail effectué résultant de profils relevés dans le canal avant et après le passage de la drague, on doive prendre certaines précautions pour que le montant du cube à payer ne soit pas faussé par les déplacements de vase que produisent l'action des godets et le courant. Supposons, par exemple, une drague ayant attaqué par l'aval un dépôt d'une certaine longueur; d'une part, les godets soulèvent une certaine quantité de limon qui n'est pas élevé par la drague, mais qui est entraîné par le courant, jusqu'à une certaine distance où il se dépose, et qui rehausse ainsi le fond déjà dragué. D'autre part, l'eau, appelée vers les sections à plus grande profondeur qui viennent d'être draguées, augmente de vitesse sur le banc vaseux en amont de la drague et en écrête une partie pour la déposer en aval, dans les endroits où la drague a déjà passé.

Après de nombreuses expériences, on a admis les règles suivantes pour le canal Ibrahimieh :

En avant de la drague, on ne doit pas relever de section à moins de 25 mètres de distance de la chaîne à godets à la ligne d'eau, ni à plus de 165 mètres du même point;

En arrière de la drague, on ne prend pas de profil à moins de 150 mètres de la drague elle-même.

On tient compte ainsi, dans une mesure équitable, des quantités de limon qui sont seulement déplacées et non enlevées. D'ailleurs, l'entrepreneur, étant donnés les termes de son contrat, doit se préoccuper des dépôts qui se font sur les parties déjà draguées ; aussi, il creuse toujours un peu au-dessous de la cote fixée.

Pour éviter ces inconvénients, on drague autant possible en commençant par l'amont ; mais on ne peut toujours le faire. Des difficultés de cette nature ne se présentent pas du reste dans les sections à petite vitesse et à profondeurs plus fortes que 2 mètres à 2,50 m., mais seulement dans les endroits peu profonds où le courant est rapide.

MOYENS EMPLOYÉS POUR DIMIMUER OU EMPÊCHER L'ENVASEMENT DES CANAUX

Les terrassements exécutés chaque année pour l'entretion des digues et des canaux, outre qu'ils coûtent de grosses sommes d'argent, ne sont pas sans causer de sérieux embarras.

Le rechargement des digues se fait au moyen d'emprunts pris sur les terrains voisins. Lorsque ces terrains sont occupés par un canal, cela n'a d'autre effet que d'approfondir ce canal sur une certaine longueur, et les eaux limoneuses qui viennent ensuite remblaient vite les parties ainsi creusées. Mais lorsque les emprunts, comme c'est souvent le cas, sont prélevés sur des terres susceptibles d'être cultivées, on crée des bas-fonds qui reçoivent des infiltrations et perdent leur fertilité.

Pour les canaux, les produits du curage mis en cavaliers sur les berges ne peuvent être accumulés indéfiniment en hauteur, ils finissent par empiéter sur les champs riverains et par les recouvrir d'un monticule inculte que le propriétaire est obligé d'accepter sans indemnité, à titre de servitude. Dans les endroits où il y a des envasements annuels considérables, comme dans le bief supérieur de quelques canaux, ou encore à certaines jonctions d'embranchements, ce sont de véritables collines de limon qui s'amoncèlent. On cherche à s'en débarrasser comme on peut ; tantôt, le fellah puise dans ces dépôts pour niveler des bas-fonds ou amender ses terres ; tantôt, on en fait des briques ; mais cela ne suffit pas à les faire disparaître.

Pour toutes ces raisons, en plus de celles beaucoup plus importantes qui se rapportent à la sécurité des digues et au bon fonctionnement des canaux, il y a un grand intérêt à rechercher les moyens de diminuer le cube annuel des terrassements d'entretien.

On poursuit ce but, en ce qui concerne les digues des bassins, en protégeant leurs talus contre l'action des eaux par des perrés ou des murs de

défense ou encore par des plantations, et, pour les digues du Nil, en les mettant à l'abri des atteintes du courant par la régularisation du fleuve au moyen d'épis.

Quant aux canaux, quoique leur envasement ait souvent des causes assez complexes, il résulte toujours du même fait général; il se produit, en effet, partout où la vitesse de l'eau n'est pas dans un rapport convenable avec la quantité de limon en suspension et avec la ténacité des parois du canal.

Beaucoup a été fait pour améliorer dans ce sens le régime de l'écoulement dans les canaux par la construction d'ouvrages régulateurs et d'ouvrages de prise, par la régularisation des profils, par la consolidation des talus, par l'application de méthodes rationnelles à la distribution des eaux. En outre, des procédés particuliers, qui vont être exposés ci-après, ont été appliqués sur certains grands canaux, dont l'envasement rapide compromettait l'alimentation et exigeait chaque année des dépenses considérables.

Canal Ramadi. — Ce canal est un canal d'alimentation de bassins situé dans la province de Keneh; il a sa prise sur la rive gauche (km. 893 du Nil); par une crue moyenne il reçoit 3,50 m. de hauteur d'eau avec un plafond de 20 mètres de largeur. En 1894, il avait été parfaitement curé sur les dix premiers kilomètres. Cependant, en 1895, on eut à extraire 123 000 mètres cubes avec une dépense de 38 000 francs sur les cinq premiers kilomètres. En relevant pendant la crue suivante des profils sur ces cinq kilomètres tous les huit jours, on constata que, au commencement de la crue, du 13 août au 10 septembre, il se fit un fort dépôt dans les trois premiers kilomètres, atteignant une hauteur de 1,50 m. dans le premier kilomètre, 1 mètre dans le second et 0,70 m. dans le troisième. Puis, lorsque la crue baissa, soit du 10 septembre au 30 octobre, le banc fut écrêté et réparti sur les cinq premiers kilomètres. Le dépôt était de nature sableuse.

Le phénomène qui s'est produit est le suivant:

La prise est dans un endroit où le Nil, à peu près rectiligne, transporte du sable quand la crue montante est dans toute sa force et la vitesse de l'eau assez grande pour le maintenir en suspension. A l'entrée du canal Ramadi, la déviation du courant crée des vitesses latérales qui amortissent le pouvoir d'entraînement; les sables, plus lourds que le limon ordinaire, se déposent alors sur une faible distance et exhaussent fortement le plafond du canal. Plus tard, lorsque le courant est moins violent, au moment de la crue descendante, il transporte moins de matières; mais en même temps la vitesse s'accroît à l'entrée du canal par suite de la réduction de section qui s'y est produite par rapport aux sections d'aval; l'eau se recharge alors de matières au passage du bas-fond et les dépose un peu plus loin, au point où le canal a conservé jusqu'alors sa section normale.

Pour y remédier, on a transporté la prise du canal à trois kilomètres en aval, en un endroit où le Nil est en courbe et où, ayant déposé ses sables dans la section élargie par laquelle le courant passe d'une rive à l'autre, il n'est plus chargé que de limon léger.

Plusieurs canaux de cette région dont la prise est disposée par rapport au Nil dans les mêmes conditions que l'était le canal Ramadi sont sujets aux mêmes envasements. C'est là un fait général qui ne se produit pas lorsque la prise du canal est établie dans une courbe bien marquée et bien fixée du Nil.

Canal Ibrahimieh[1]. — Le canal Ibrahimieh est encore un exemple d'un canal dont la prise est mal placée, dans une partie rectiligne de la rivière.

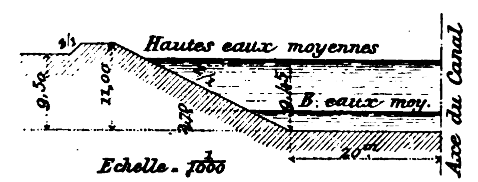


Fig. 71. — Section près de la prise.

Des bancs de sable se promènent en cet endroit dans le lit du fleuve; lorsqu'ils sont en face de l'entrée du canal, les eaux y introduisent une

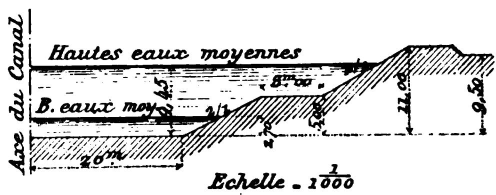


Fig. 72. — Section avec risberme pour les dragages.

grande quantité de dépôts; lorsque, au contraire, par suite du déplacement longitudinal des bancs, l'eau est plus profonde devant l'entrée du canal, les apports sont moins considérables.

En outre, l'axe du canal est incliné à 45° environ sur la direction du courant du fleuve, ce qui donne lieu, à l'entrée du canal, à des courants obliques, c'est-à-dire comme conséquence, à des dépôts le long de la rive amont (rive gauche) et à des érosions sur la rive aval (rive droite) et ensuite, sur une certaine longueur, à un courant qui ondule de droite à gauche et cause des éboulements de berges. On a combattu ces érosions par de forts perreyages sur la rive droite du canal.

D'un autre côté, l'Ibrahimieh, sans ouvrage de prise avant 1902, était une vraie rivière qui recevait en étiage comme en crue toute l'eau que le Nil

[1] Voir la description de ce canal, page 175 et suivantes.

lui donnait et qui la portait librement sur 61 kilomètres jusqu'aux ouvrages répartiteurs et au déversoir de Dérout. Pendant l'étiage, la profondeur était entretenue au moyen de dragages; mais, pendant la crue, il se produisait des dépôts considérables tout le long du canal. Ces dépôts étaient dus surtout, dans les premiers kilomètres, à ce que le canal prenait du Nil des eaux très chargées de matières lourdes. Plus loin, ils résultaient principalement de ce que le canal Ibrahimieh coulait avec de grandes vitesses, trop fortes pour la résistance des berges, qui s'effondraient dans le lit du canal et le comblaient, et cela, avec d'autant plus de facilité que les dépôts de dragages sont placés sur une risberme noyée pendant la crue (voir les profils en travers du canal sur les figures 71 et 72). Ces grandes vitesses avaient surtout pour cause le niveau que les eaux ne pouvaient dépasser à Dérout en raison de la disposition des ouvrages qui s'y trouvent, niveau qui donnait une pente superficielle moyenne de 0,08 m. par kilomètre depuis le Nil.

Un double phénomène se produisait. Au commencement de la crue, les eaux, par suite de leur grande vitesse, désagrégeaient les talus; mais, comme elles étaient alors chargées d'autant de limon qu'elles en pouvaient porter, ces talus s'éboulaient sur place; la ligne d'eau s'élargissait outre mesure et le plafond s'exhaussait.

Puis, au moment de la crue descendante, le service des irrigations maintenait quelque temps encore, soit en décembre et janvier, un fort courant dans le canal. Les eaux du Nil, alors moins chargées de limon, pouvaient en prendre encore un peu eu égard à la vitesse qu'on leur donnait; elles enlevaient donc une partie des terres déposées dans le fond et les rendaient au fleuve par le déversoir de Dérout. Mais une faible quantité était ainsi emportée, et il fallait chaque année de forts dragages pour rétablir le débouché nécessaire au débit des eaux d'étiage. En outre, ces éboulements étaient dangereux pour les digues, notamment pour la digue de rive droite, qui porte le chemin de fer de la Haute Égypte; ils nuisaient aussi, par les sinuosités qu'ils créaient, à la régularité de l'écoulement dans le canal.

Actuellement, un ouvrage de prise vient d'être construit en tête du canal et un barrage de retenue établi en travers du Nil, en aval de cette prise; les conditions de l'alimentation se trouvent donc complètement modifiées; d'ailleurs, par suite de la suppression des bassins de la Moyenne Égypte, le régime du canal va être aussi tout à fait changé tant en étiage que pendant la crue.

Mais, avant qu'il fût question de tous ces nouveaux arrangements, le service des irrigations s'était préocupé, depuis 1886, de rendre aux talus du canal leur inclinaison normale et de les protéger contre les attaques du courant de façon à maintenir les profils et à restreindre le cube des dragages

annuels. Des travaux furent faits dans ce but tout le long du canal entre la prise et Dérout, sur 61 kilomètres, de 1886 à 1896.

Ces travaux ont consisté notamment dans la construction de 216 paires d'épis en moellons espacées l'une de l'autre de 250 mètres. Les épis sont placés deux par deux vis-à-vis l'un de l'autre ; il ont 2 mètres de largeur en couronne avec talus à 45°. Leur point d'enracinement sur la berge est à 0,50 m. au-dessus des plus hautes eaux et ils descendent avec une pente

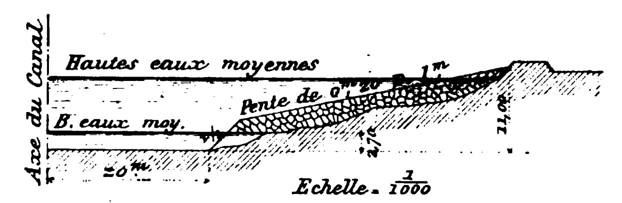


Fig. 73. — Section avec épis.

de 1 sur 5 jusqu'à 4 mètres au-dessus du plafond (fig. 73). Une largeur libre de 40 mètres est réservée entre les têtes de deux épis symétriques.

Avec quelques perreyages sur certains points du talus de la rive droite, le long du chemin de fer, ces épis ont été pour les berges une bonne protection; ils ont empêché les forts éboulements. Quant à l'effet sur le lit, il a été évidemment de produire dans le profil longitudinal des creux en aval de chaque épi et des bosses en amont; les différences sont de 1 mètre environ d'un creux à la bosse suivante.

La dépense totale de ces travaux de défense a été en chiffres ronds de 1 000 000 francs pour 61 kilomètres.

Quel a été le résultat au point de vue des dragages annuels nécessaires pour obtenir le débit d'étiage?

Pour les deux années 1884-1885, antérieures à la construction des épis, le cube moyen des dragages était de 968 300 mètres cubes; mais, sur ce chiffre, 256300 mètres cubes provenaient des curages faits en aval de Dérout. L'envasement en aval de Dérout, à partir de cette époque, a cessé de se produire parce qu'on prit soin de maintenir pendant la crue, dans cette partie du canal, une vitesse suffisante pour que le limon amené jusque-là restât en suspension jusqu'aux ouvrages de distribution. Pour nous en tenir donc à la partie du canal située en amont de Dérout, pendant ces deux années, la moyenne des dragages y fut de 712 000 mètres cubes et la dépense de 924 000 francs. Ce sont ces chiffres que nous inscrivons dans le tableau ci-dessous.

Dragages du canal Ibrahimieh entre la prise et Dérout.

PÉRIODES	CUBES ANNUELS moyens.	DÉPENSE ANNUELLE moyenne.	OBSERVATIONS
1884-85	712 000 m³	924 000 fr.	Avant la construction des épis.
1886-91	565 000 —	591 000 —	Période de progression du travail des épis; en 1891, ils étaient achevés sur 38 kilomètres.
1892-96	377 000 —	371 000 —	Période d'achèvement de la construction des épis.
1897-1901	262 000 —	255 000 —	Les épis sont terminés.

La diminution est remarquable; elle n'est peut-être pas entièrement due à l'effet des épis sur la stabilité des berges; elle peut être aussi causée dans une certaine mesure par un déplacement du chenal profond du fleuve au droit de la prise, d'où il résulte que les eaux entrant dans le canal sont moins chargées de limon qu'autrefois. En tout cas, le fait est fort intéressant à constater, même comme résultat de ces deux causes.

Rayah de Béhéra[1]. — Ce canal a sa prise en amont du barrage du Delta, à l'ouest de la branche de Rosette. C'est un exemple d'un canal creusé en grande partie au travers d'un désert de sable.

Il a 41 kilomètres depuis sa prise jusqu'au point où il se jette dans le canal Katatbeh. Sur les neuf premiers kilomètres, il coule dans les terres cultivables et ensuite, sur 32 kilomètres, il coupe un désert couvert de sables mouvants.

Sa largeur est de 20 mètres au plafond, les talus ont 2 de base pour 1 de hauteur dans les terrains de culture, et 5 à 6 de base pour 1 de hauteur dans les sables.

Avant la mise en état du barrage du Delta, c'est-à-dire lorsque cet ouvrage ne relevait les eaux du Nil que de 0,30 m. à 0,50 m., le rayah de Béhéra portait 1 mètre à 1,50 m. de profondeur d'eau en étiage; mais, par crainte d'éboulement des berges sableuses, lorsque les eaux de la crue dépassaient un certain niveau, on interrompait l'alimentation en barrant le canal par des digues en pierres ou en terre, à la prise (l'ouvrage de tête ne présentant pas une sécurité suffisante), au kilomètre 9 et au kilomètre 27.

Malgré ces précautions, il fallait chaque année 20 000 hommes de corvée, travaillant pendant vingt-cinq à trente jours, pour nettoyer le lit du canal du sable qui provenait de l'écroulement des talus ou qui était apporté du désert voisin par le vent. Les déblais, déposés sur les bords de la cuvette, et en partie au-dessous du niveau des plus hautes eaux qui y étaient

[1] Voir la description de ce canal, page 160 et suivantes.

admises, retombaient chaque année et devaient être relevés chaque année à grand renfort de bras.

De 1885 à 1887, on fit des essais pour obtenir le curage du canal au moyen d'un fort courant provoqué par l'introduction de l'eau de la crue à son maximum de hauteur. Comme on aurait dû s'y attendre, le sable des talus, trop lourd pour être emporté bien loin par des eaux déjà chargées de limon, se déposait sur le fond, à quelques mètres du point d'où il était enlevé. L'effet fut désastreux, et le canal se remblaya presque complètement sur une grande partie de sa longueur.

On se décida alors, d'une part, à faire des travaux de consolidation des talus et, d'autre part, à combattre l'envahissement du canal par le sable du désert.

Pour rétablir d'abord le profil normal du canal, on se servit de dragues qui enlevèrent 375 000 mètres cubes de déblais.

Pour consolider ensuite les talus, on employa la méthode des épis, comme sur le canal Ibrahimieh, et des plantations.

Les épis sont actuellement au nombre de 475, soit 12 en moyenne par kilomètre. Dans les alignements droits, ils sont placés en face l'un de l'autre, à des distances de 200 mètres. Dans les courbes allongées, les épis de la berge concave sont à 100 mètres de distance. Dans les courbes de faible rayon, les épis de la rive concave sont à 50 mètres de distance et ceux de la rive convexe à 100 ou 200 mètres suivant les cas. De petits épis intermédiaires sont en outre placés dans les endroits où il y a des érosions locales. Ces épis sont construits en pierres sèches ou en briques de 0,40 m. × 0,20 m. × 0,10 m.

Quant aux plantations, elles sont faites sur les talus, depuis un niveau un peu inférieur au niveau d'étiage jusqu'à une hauteur plus élevée que le niveau de crue. On a dû choisir des espèces poussant bien dans le sable ; celles qui ont le mieux réussi sont le Bouss Hagna (arundo donax) et le Burdi (typha angustata) ; mais ce dernier a l'inconvénient d'envahir le canal.

Pour empêcher les apports de sable du désert, on construisit des écrans en roseaux ou en tiges d'abrisseaux tels que le cotonnier ; c'est le système ordinairement en usage pour s'opposer au cheminement des dunes de sable. On lança, en outre, dans le désert qui s'étend à l'ouest du canal, une partie de la décharge des bassins de la province de Ghizeh, de façon à développer, sur ces terres auparavant stériles, une certaine végétation après le retrait des eaux et à colmater le sol.

Les dépenses de protection ainsi faites, non compris les dragages qui ont coûté 4 600 000 francs, ont été les suivantes :

Construction d'épis	592 000	francs.
Plantations	59 000	—
Écrans pour empêcher les apports de sable du désert	31 000	—
Inondation dans le désert	286 000	—
Construction de digues, d'ouvrages divers	26 000	—
Dépense totale	994 000	francs.

Ce qui représente environ 24 000 francs par kilomètre de canal.

A la suite de ces travaux, le cube annuel à draguer n'atteint pas 100 000 mètres cubes, soit une dépense de 100 000 francs, et le canal est utilisé pour porter l'eau toute l'année à la province de Béhéra jusqu'au moment de la crue où la hauteur du Nil, à la prise du canal Katatbeh, est assez forte pour que ce dernier canal suffise à l'alimentation de toute la province ; le rayah de Béhéra est alors fermé.

Rayah Menoufieh[1]. — Ce grand canal, qui part du barrage du Delta, alimente toute la superficie de la Basse Égypte comprise entre les deux branches du Nil. Il a théoriquement 40 mètres de largeur au plafond.

Autrefois, ce canal ne s'envasait pas; mais, depuis 1890, on doit y faire des dragages annuels. Dans les cinq années 1896 à 1900, la moyenne du cube dragué sur les 28 kilomètres de ce canal a été de 250 000 mètres par an.

Les causes de cet envasement sont de plusieurs sortes.

En premier lieu, l'augmentation de débit et de vitesse résultant de l'extension des irrigations, a amené l'érosion des talus et leur éboulement et, par suite, de très fortes irrégularités dans la section transversale du canal.

En second lieu, des travaux de rectification du Nil ont été entrepris juste en amont du barrage du Delta, c'est-à-dire à peu de distance de la prise du rayah Menoufieh. Le procédé employé pour obtenir cette rectification consiste à faire creuser au fleuve lui-même son nouveau lit en déplaçant le courant au moyen d'épis. Comme résultat, les eaux sont chargées du limon arraché à la rive attaquée et une partie de ce limon va se déposer dans les premiers kilomètres du rayah Menoufieh.

En troisième lieu, au moment de la crue, la nécessité de fournir l'eau à niveau aux terres voisines de la pointe du Delta, qui sont très élevées, oblige à fermer en partie les deux ouvrages régulateurs de Nanaïeh (km. 11) et de Karineïn (km. 28) ; on relève ainsi le niveau des eaux limoneuses dans le canal ; mais, en même temps, on diminue la vitesse d'écoulement ; d'où, formation de dépôts.

Ici encore on a remédié aux érosions des berges par des épis et par des plantations. Mais on avait d'abord fait les épis trop bas; entièrement submergés au moment de la crue, ils produisaient en aval une chute dont l'effet était de ramener sur le plafond le produit des dragages de l'année

[1] Voir la description de ce canal, pages 152 et suivantes.

précédente, déposé sur les talus dans le but d'en rectifier le profil. On surhaussa ces épis et on obtint ainsi de bons résultats pour la fixation des berges.

Enfin, pour diminuer les envasements résultant de la réduction de vitesse des eaux au moment de la crue, on exécute actuellement un projet qui consiste à reporter jusqu'au Nil, en amont du Barrage, la prise de tous les canaux nili qui desservent la pointe du Delta sur une distance de 25 kilomètres, tant à droite qu'à gauche du rayah Menoufieh, et qui sont alimentés actuellement par ce dernier canal. De cette façon, on n'aura plus à manœuvrer les ouvrages régulateurs pour relever dans le rayah les eaux de la crue qui fileront, sans réduction de vitesse, vers des terrains moins élevés (voir pl. VIII fig. 11).

Rayah Tewfikieh[1]. — Jusqu'à présent, ce canal, achevé en 1888, n'a pas eu besoin de dragages; cependant les berges se sont rongées peu à peu par suite de l'excès de vitesse et de débit que les nécessités des irrigations ont imposé, et on commence à sentir le besoin d'y construire des épis pour consolider les talus et rétablir la section normale dans les points attaqués.

CONSOLIDATION DE BERGES DE CANAUX PAR FASCINAGES ET PLANTATIONS

Des travaux de cette nature exécutés dans ces dernières années, à titre d'essai, ont donné de bons résultats. Les talus sont revêtus de fascinages en roseaux jusqu'à la hauteur du sol naturel où une risberme est ménagée entre la cuvette et le cavalier; sur cette risberme, on plante de l'herbe, des roseaux ou de petits arbustes.

ENVASEMENTS PAR SUITE DE VITESSES INSUFFISANTES

Les exemples qui viennent d'être cités montrent les procédés employés pour diminuer les dépenses annuelles d'entretien des canaux, en empêchant l'érosion des berges et en cherchant à maintenir une uniformité de section aussi grande que possible tout le long d'un même canal.

Il est une cause d'envasement qui ne peut être combattue qu'en modifiant le régime des eaux; c'est celle qui résulte de la stagnation momentanée, par suite de rotations ou pour d'autres causes, des eaux limoneuses dans certains biefs.

Ces envasements ne peuvent être prévenus que par le soin constant apporté par les ingénieurs à entretenir dans chaque partie d'un canal une

[1] Voir la description de ce canal, page 149 et suivantes.

vitesse toujours en rapport avec la quantité de matière que l'eau tient en suspension, et aussi par la construction de déversoirs ayant la position et le débouché nécessaires pour permettre d'obtenir ce résultat.

Beaucoup a déjà été fait dans ce sens, et on peut espérer qu'après quelques années, à la suite de tous ces travaux, les dépenses annuelles de curage seront encore fortement réduites.

CHAPITRE XII

DESCRIPTION DE QUELQUES OUVRAGES D'ART

Barrage du Delta. — Barrage d'Assiout. — Barrage de Zifta. — Barrage d'Assouan. — Ouvrages de prise et ouvrages régulateurs : ouvrages de prise du canal Ibrahimieh, du rayah Tewfikieh, du canal Sohaghieh ; ouvrage régulateur avec écluse à Sanaytah sur le rayah Tewfikieh ; ouvrage régulateur sur un canal d'irrigation permanente non navigable ; ouvrages régulateurs des bassins d'inondation ; appareils de fermeture des ouvrages régulateurs. — Déversoirs, siphons, ouvrages divers : déversoirs de Kocheicha, du bassin Hamed ; petit déversoir d'un canal d'irrigation permanente ; siphons sous le canal Sabakah, sous le canal Sohaghieh ; prises de distribution d'eau.

BARRAGE DU DELTA[1]

Construit à l'endroit même où les deux branches de Rosette et de Damiette se séparent l'une de l'autre, à 25 kilomètres en aval du Caire, cet ouvrage commande l'irrigation de toute la Basse Égypte, c'est-à-dire d'une surface cultivée de 1 400 000 hectares. Nous avons, dans un autre chapitre[2], exposé le but pour lequel il a été projeté et les services qu'il rend ; nous nous proposons d'en indiquer maintenant les principales dispositions.

Le barrage du Delta tient une place considérable dans l'histoire de l'irrigation égyptienne, tant par les fortunes diverses qu'il a subies et les remaniements successifs dont il a été l'objet, que par l'importance de son rôle et par l'étendue des ouvrages qui le composent.

Prévu par Bonaparte, pendant l'expédition d'Égypte ; projeté une première fois sous le règne de Mehemet Ali, en 1833, dans un emplacement différent de celui qu'il occupe aujourd'hui, par Linant de Bellefonds, à peine commencé, puis abandonné ; projeté sur de nouvelles bases et dans son emplacement actuel par Mougel bey, ingénieur des Ponts et Chaussées, en 1843, et commencé par lui ; poussé d'abord par Mehemet Ali trop hâtivement pour qu'il pût être exécuté dans de bonnes conditions, puis délaissé ;

[1] Lire sur ce sujet : *Mémoires sur les principaux travaux publics d'Egypte*, par Linant de Belfonds bey, *History of the Barrage*, par Major R.-H. Brown. « Egyptian Irrigation » par M. Willcocks.

[2] Voir chap. VII.

enlevé à la direction de Mougel par Abbas Pacha, pour être confié aux ingénieurs indigènes; mis partiellement en service en 1867, bien que ina-



Fig. 74. — Vue amont du barrage du Delta. (Branche de Damiette.)

chevé, et présentant tout de suite des signes de faiblesse qui le montraient incapable, dans l'état où il était, de produire une retenue quelconque; discuté et étudié à nouveau par des ingénieurs et des constructeurs français et anglais sans qu'on se décidât à rien faire pour corriger ses défauts; employé ensuite comme simple répartiteur des eaux d'étiage entre les deux branches du Nil et condamné officiellement par le Ministère des Travaux Publics,

en 1883, à rester affecté à ce rôle secondaire ; repris en main, en 1884, par les ingénieurs anglais qui venaient d'assumer la direction des services d'irrigation ; mis d'abord en état, au moyen d'ouvrages provisoires, de produire une certaine retenue ; subissant de 1886 à 1890 une première série d'importantes réparations pour le renforcement du radier et l'établissement d'appareils mobiles de fermeture d'une manœuvre pratique ; soumis de 1896 à 1898 à un traitement spécial pour la consolidation des massifs de fondations ; enfin, de 1898 à 1900, soulagé par des constructions complémentaires d'une partie de la charge qu'il devait supporter, c'est seulement en 1901, après toutes ces péripéties et tous ces travaux, qu'il put enfin rendre avec sécurité les services pour lesquels il avait été projeté.

Ce n'est guère qu'en suivant pas à pas, depuis l'origine, les transformations apportées à cet ouvrage qu'on peut en bien comprendre les dispositions actuelles.

Barrage de Mougel (pl. VIII, fig. 1, 2, 3). — L'ouvrage se compose de deux barrages établis chacun sur une des branches du Nil et comprenant entre eux une langue de terre de 1 000 mètres environ de largeur qui forme l'extrémité du Delta ; celle-ci, bordée par un quai circulaire, est coupée en son milieu par le grand canal Menoufieh qui arrose les provinces centrales du Delta. Juste en amont du barrage, à l'ouest de la branche de Rosette, est la prise du rayah Béhéra qui arrose les provinces de l'ouest du Delta ; et à l'est de la branche de Damiette, la prise du rayah Charkieh (appelé depuis rayah Tewfikieh) qui arrose les provinces occidentales. Tel fut le plan grandiose adopté par Mougel. C'était la première fois que des ouvrages de cette nature allaient être exécutés au travers d'un grand fleuve.

D'après les projets, la retenue créée par cet ouvrage devait être au maximum de 4,50 m. au-dessus du niveau de l'étiage[1], ce qui, avec une cote moyenne d'altitude de 10 mètres dans les basses eaux, aurait amené le bief d'amont à l'altitude de 15,50 m. Le dessus du radier était à la cote d'altitude 8,25 m.

Le radier des deux barrages se compose d'un massif de béton surmonté d'un lit de briques avec chaînes en pierres de taille ; la largeur du radier est de 34 mètres sur 3,75 m. de hauteur avec parafouilles de 4,90 m. de hauteur en amont et en aval. Ce massif est compris entre deux lignes de pieux jointifs. Le radier est prolongé en aval par un arrière-radier de 8 mètres de largeur, formé d'une couche d'enrochements de 1,50 m. d'épaisseur recouverte d'un lit de béton de 1 mètre de hauteur ; la surface de cet arrière-radier a une pente de 0,20 m. par mètre ; il est terminé en aval par un massif de béton de 4 mètres de largeur sur 3 mètres d'épaisseur appuyé

[1] Mougel avait même eu primitivement l'idée d'une retenue de 6 mètres.

lui-même contre des enrochements et une file de pieux jointifs. La largeur totale du radier maçonné est donc de 46 mètres.

Le radier porte un pont en maçonnerie entre les piles duquel sont disposés des appareils mobiles de fermeture.

Le barrage de la branche de Rosette comprend soixante et une arches, dont cinquante-neuf ont 5 mètres d'ouverture avec piles de 2 mètres d'épaisseur ; les deux autres arches situées au centre de l'ouvrage ont 5,50 m. d'ouverture et sont appuyées sur des piles de 3,50 m. de largeur ; elles sont établies sur l'emplacement d'une passe navigable primitivement projetée. Une écluse de 12 mètres de largeur et une autre de 15 mètres sont construites aux deux extrémités du barrage dont la longueur totale est de 465 mètres.

Le barrage de la branche de Damiette a exactement les mêmes dispositions, sauf qu'il a dix arches de plus ; sa longueur est de 535 mètres.

Le système de fermeture des arches était formé par des portes en tôle de forme cylindrique tournant autour d'un axe horizontal encastré dans l'avant-bec des piles. Ces portes étaient elles-mêmes composées de plusieurs flotteurs parallèles qui, remplis à volonté d'eau ou d'air, devaient faciliter les manœuvres de descente ou de levage. Mises en place, elles reposaient à leur partie inférieure sur un seuil en fonte présentant des ouvertures au travers desquelles un écoulement d'eau continu devait empêcher le barrage de s'envaser en amont. Fermées, ces portes s'élevaient jusqu'à 5,80 m. au-dessus du radier.

Le pont supérieur a une largeur de 8,60 m. entre parapets.

Le barrage de Damiette et la plus grande partie du barrage de Rosette sont fondés sur du sable d'alluvion ou du gravier ; mais, dans la branche de Rosette, du côté de la rive droite, sur 100 mètres au moins de longueur, le lit du fleuve étant plus bas que le niveau projeté pour le dessous du radier, on fit une plate-forme artificielle de fondation en enrochements. Ce remblai atteint en certains points jusqu'à 12 mètres de hauteur au-dessous de la maçonnerie de béton.

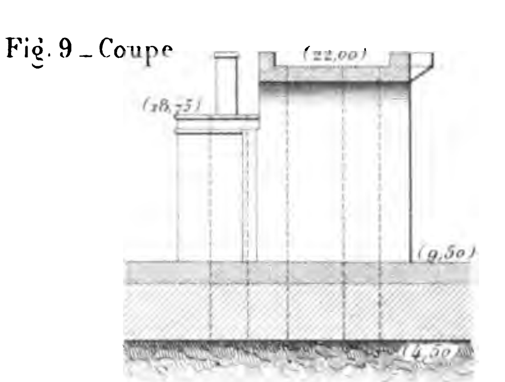
Imperfections, malfaçons, inachèvement, mise en service restreint. — Dans la hâte de voir terminer ce grand ouvrage, Méhemet Ali, aussitôt l'exécution décidée, envoya sur les chantiers un nombre considérable d'hommes de corvée et une énorme quantité de matériaux ; ne comprenant pas qu'une difficulté quelconque pût retarder le travail, il faisait harceler ingénieurs et ouvriers, exigeant qu'une certaine tâche déterminée fût exécutée chaque jour. Dans ces conditions, la plus grande partie des travaux sous l'eau qui formaient la base même du barrage et qui devaient en assurer la solidité fut mal faite. Les pieux ne furent pas enfoncés à

·SSIVES.

·versale

Injection de ciment dans la fondation des piles *(années 1897-98)* Fig. 9 et 10

Fig. 9 _ Coupe



· (18,50)

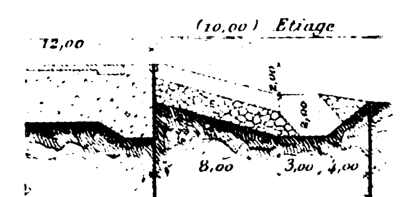
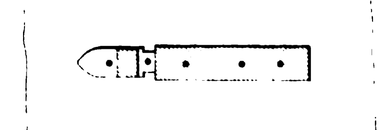


Fig. 10 _ Plan d'une pile



·tion du radier *(années 1886-1890)* *Fig. 5 et 6.*

la profondeur et avec la régularité voulues; le béton, mal coulé dans l'enceinte formée par ces pieux, fut en grande partie délavé et prit mal, surtout dans les endroits où l'on rencontra des sables fluents et sur le remblai en enrochements de la branche de Rosette. Presque toute la partie inférieure du radier fut ainsi exécutée dans de mauvaises conditions et donna au barrage une assiette insuffisante. D'ailleurs les arrières-radiers furent à peine construits.

Ainsi les fondations du barrage étaient mauvaises dans une proportion dont il était impossible de se rendre compte ; des sources nombreuses se faisaient jour au travers du radier. On n'en continua pas moins d'achever la superstructure ; toutefois le barrage de Damiette ne reçut jamais ses portes de fermeture.

En même temps, on avait construit le rayah Menoufieh, le rayah Béhéra et leurs ouvrages de prise ; mais les déblais du rayah Charkieh étaient à peine entamés.

Tel qu'il était, on voulut mettre le barrage en service. On se proposait de relever le niveau des eaux sur la branche de Rosette pour les rejeter plus abondamment dans les deux rayahs construits et dans la branche de Damiette qui alimentait les principaux canaux sefi des régions centrale et orientale du Delta.

Les portes, d'une manœuvre compliquée, étaient difficiles à manier. On procédait, d'ailleurs, à leur fermeture d'une façon très imprudente, étant donnée la faiblesse du radier. On les abaissait d'un coup, entièrement, dans chaque arche, en partant de la rive droite ; il en résultait que les dernières arches de la rive gauche étaient soumises aux efforts d'un violent courant jusqu'au moment ou elles étaient fermées. Dans une de ces manœuvres, en 1867, dix arches voisines de la rive gauche éprouvèrent un tassement, par suite de larges fissures qui s'ouvrirent dans le radier, sans doute à cause des ravinements produits dans le lit du fleuve en aval par la force des eaux. Ces dix arches furent entourées d'un fort bâtardeau s'élevant jusqu'à la cote 13 mètres et, dans l'intérieur du bâtardeau, le radier fut chargé de moellons.

Ordinairement, on commençait à fermer le barrage de la branche de Rosette lorsque le niveau des eaux atteignait l'altitude 12,50 m., soit en mars ; elles montaient en amont à la cote 13 mètres et se maintenaient à l'aval à la cote 11,25 m., donnant ainsi une retenue maxima de 1,75 m. et un relèvement utile de 0,50 m. seulement. Un grand volume d'eau s'écoulait à travers les ouvertures des seuils en fonte sur lesquels les portes s'appuyaient[1]. Les niveaux d'amont et d'aval baissaient au fur et à

[1] M. Willcocks a calculé qu'une retenue de 1.75 m. donnait par ces ouvertures un débit de 20 000 000 mètres cubes par jour, soit 530 mètres cubes par seconde.

mesure que le débit du Nil diminuait et, en plein étiage, on n'obtenait plus guère qu'un gain de 0,30 m. sur la hauteur naturelle des eaux du fleuve. On relevait toutes les portes lorsque le Nil, commençant à monter, atteignait de nouveau la cote 13 mètres, et le fleuve coulait alors librement entre les piles jusqu'à l'étiage suivant.

Tel était, en 1884, l'état du barrage et le faible parti qu'on en tirait. A ce moment, Sir Colin Scott Moncrieff, alors sous-secrétaire d'Etat du Ministère des Travaux Publics, aidé de l'ingénieur Willcocks, alors inspecteur d'irrigation, résolut d'examiner à fond si réellement le barrage, avec certaines modifications, pouvait être utilisé pour le but dans lequel on l'avait construit, ou s'il fallait définitivement l'abandonner et reconstruire un autre ouvrage à sa place.

Retenue de 3 mètres obtenue par des travaux provisoires (pl. VIII, fig. 4). — En attendant l'achèvement de ces études, on résolut de créer en amont du Barrage une cote permanente de 13 mètres pendant l'étiage pour améliorer l'alimentation des provinces du Delta. Afin d'obtenir ce résultat, après avoir jeté en aval une grande quantité d'enrochements, on commença, aussitôt que le Nil atteignit la cote 13 mètres, à abaisser progressivement les portes du barrage de Rosette, puis on boucha les ouvertures des seuils.

On ferma ensuite le barrage de Damiette, en mettant au travers des arches de fortes poutres horizontales sur lesquelles étaient appuyées des poutrelles verticales.

En 1884, on obtint une retenue de 2,20 m. sur la branche de Rosette et de 0,95 m. sur la branche de Damiette. L'arrière-radier en enrochements n'étant pas considéré comme suffisamment robuste, on ne poussa pas plus loin l'expérience.

En 1885, on maintint la cote de 13 mètres en amont avec une chute de 3 mètres ; mais, pour y arriver, on diminua la sous-pression du radier en divisant la chute totale en deux chutes de 1,50 m. A cet effet, on établit sur l'extrémité aval du radier et tout le long du Barrage une digue en enrochements dont la crête, de 2 mètres de largeur, était à 3,25 m. au-dessus du radier; malgré sa perméabilité, cette digue suffisait pour créer d'amont en aval une différence de niveau de 1,50 m. et elle réduisait ainsi la sous-pression du radier maçonné à l'effet d'une chute de 1,50 m.

Pendant ces essais, il y eut de nouveaux tassements dans les dix arches de la branche de Rosette qui étaient déjà fermées par un bâtardeau ; on y remédia tant bien que mal en renforçant les enrochements autour de ce point dangereux.

Mais on ne pouvait laisser un ouvrage si important pour l'Égypte dans

ces conditions d'insécurité et dans cette situation d'ouvrage inachevé; il fallait prendre des mesures définitives.

La convention de Londres de 1885 mit heureusement entre les mains du Ministère des Travaux Publics des ressources qui lui permirent d'entreprendre enfin les travaux de mise en état du Barrage.

Restauration et achèvement du barrage de 1886 *à* 1890 (pl. VIII, fig. 5). — Le programme de ces travaux comportait :

La consolidation générale du radier;

L'établissement de portes mobiles de fermeture disposées pour amener la retenue à la cote 14 mètres, c'est-à-dire pour faire travailler le barrage avec une charge de 4 mètres d'eau à l'étiage, la cote admise pour les basses eaux d'aval étant 10 mètres au-dessus du niveau de la mer;

La mise en état des écluses des deux barrages;

La construction d'une écluse en tête du rayah Menoufieh;

La construction complète du rayah Charkieh, y compris l'ouvrage de prise; ce canal, qui faisait partie du plan primitif de Mougel, avait été à peine commencé.

La partie la plus importante et la plus délicate de cet ensemble de travaux était la consolidation du radier. On savait bien, par les plans de Mougel, comment ce radier devait être fait, mais on ne savait pas au juste ce qui avait été réellement exécuté, et encore moins quel était l'état exact de l'infrastructure vingt ans après son achèvement. Avant d'établir un projet définitif, on résolut de mettre à sec une partie du radier, la plus mauvaise, celle qui avoisine la rive gauche de la branche de Rosette. A cet effet, après avoir fermé les portes du Barrage et amorti ainsi le courant, on construisit dans le fleuve une digue en terre entourant complètement une longueur de 20 arches. L'eau en amont du Barrage devait être maintenue à la cote 13 mètres pour les besoins des irrigations, sous peine d'assécher toute la Basse Égypte; et, comme le dessus du radier était à la cote 8,25 m., cette digue devait donc permettre d'épuiser et de travailler sous une charge de d'eau de 5 mètres.

Ce bâtardeau fut commencé le 24 mars 1886; il permit de constater qu'on pouvait mettre à sec le radier sans trop de difficultés, et de vérifier son état actuel. On profita même de cet examen pour réparer six arches avant le mois de juillet, époque de la crue, suivant les principes qui furent alors arrêtés pour tout l'ensemble de l'ouvrage.

On avait plusieurs fois proposé de donner l'étanchéité au barrage en construisant auprès du radier un mur vertical à fondations profondes. Cette solution fut rejetée parce qu'on craignait les désordres que les grandes excavations nécessaires pour établir ce mur auraient pu apporter dans le

massif des maçonneries, et on se décida, au lieu d'un radier épais et étroit, à faire un radier large et peu épais, de cette façon on évitait de remanier les infrastructures existantes.

Sir Colin Scott Moncrieff, dans une note sur le Barrage, publiée en 1890, indique comme il suit les bases qu'il sanctionna pour l'exécution de ce projet :

« Nous redoutions l'effet des excavations profondes. Il fut donc décidé d'étendre les fondations de façon à former une large plate-forme étanche. Que ce soit avec un radier profond ou large, le but à atteindre est le même : arrêter tout passage de l'eau par-dessous ou, s'il en passe un peu, l'obliger à circuler assez loin verticalement ou horizontalement pour que sa vitesse soit amortie ; et cela non seulement l'empêchera d'entraîner avec elle le sable et le limon, mais encore la forcera à se débarrasser des matières qu'elle tient en suspension, de sorte que chaque année le sol de fondation deviendra de plus en plus imperméable, comme il arrive dans un vieux filtre.

« Cette idée n'était pas neuve, elle a été appliquée par Sir Arthur Cotton aux barrages des grandes rivières de l'Inde méridionale. Toutefois, je ne connais aucune rivière de l'Inde dans laquelle le sable et le limon soient aussi fins que dans le Nil. »

D'après ces principes, les dispositions suivantes furent adoptées (pl. VIII, fig. 5)[1].

Renforcement de l'ancien radier par la superposition d'une couche de maçonnerie de béton de ciment recouverte d'un lit de pierres de taille, le tout de 1,25 m. d'épaisseur ; construction d'un avant-radier en maçonnerie hydraulique de 1 mètre d'épaisseur sur 25 mètres de largeur avec une file de pieux de 5 mètres de hauteur enfoncée à 20 mètres en amont de l'ancien radier ; établissement d'un arrière-radier en maçonnerie de 13,50 m. de largeur, dont l'épaisseur décroît de 1,50 m. à 1 mètre d'amont en aval ; protection de cet arrière-radier en aval par une forte couche d'enrochements maintenue par une rangée de blocs artificiels ; couche d'enrochements naturels sur 10 mètres de largeur en amont du radier maçonné.

Tout le travail de consolidation des deux barrages, y compris leurs écluses, de fabrication et de mise en place des appareils de fermeture, fut enlevé en quatre campagnes, de 1886 à 1890, la moitié à peu près de chaque barrage étant terminée dans une campagne.

On commençait, en général, les travaux dans les premiers jours de décembre et on les interrompait fin juin. Le service des irrigations ayant

[1] Le projet fut dressé par le lieutenant-colonel Western et l'exécution des travaux dirigée par M. A.-G.-W. Reid, ingénieur au service des Indes.

imposé que la retenue du Barrage fût maintenue pendant toute la durée des travaux à la cote 13 mètres et ne descendît jamais au-dessous de la cote 12,80 m., le chantier correspondant à la besogne d'une campagne était entouré de digues de protection qui le séparaient entièrement du reste du fleuve et à l'abri desquelles on faisait les épuisements. La construction des digues durait environ deux mois; elles étaient faites avec de la terre jetée dans l'eau calme qui s'étendait autour du Barrage dont les portes étaient fermées, et elles s'élevaient jusqu'à la cote 14,50 m. en amont et 12,50 m. en aval du Barrage ; elle étaient établies dans des profondeurs d'eau variant ordinairement de 3 à 7 mètres.

Par mesure de précaution, l'enceinte du chantier était formée par deux digues parallèles, distantes de 40 mètres l'une de l'autre (pl. VIII, fig. 6), qui isolaient du fleuve une surface de 10 hectares environ, dont les points bas étaient à 5 mètres au-dessous du niveau des eaux.

Les épuisements étaient faits surtout avec des pompes centrifuges. Dans la saison 1887-1888, on employa à cet effet six pompes centrifuges de 0,30 m., deux de 0,25 m. et un pulsomètre de 0,10 m., sans compter de nombreuses pompes à main; le matériel d'épuisement fut à peu près équivalent pendant les autres saisons. On n'épuisait pas complètement à la fois toute la surface d'un chantier annuel; on le divisait en deux ou trois compartiments par des digues auxiliaires, perpendiculaires au Barrage, entre lesquelles se répartissait la charge des eaux.

Dans la partie est de la branche de Rosette, vers le point où le Barrage a été fondé sur un massif d'enrochements en contre-haut du lit naturel du fleuve, l'exécution des digues présenta des difficultés, à cause de la grande profondeur de l'eau, qui atteignait 12 et 15 mètres sur une longueur de 100 mètres. Là, par mesure d'économie, on se contenta d'entourer le chantier par une seule digue, dont la base fut établie entre deux cordons parallèles formés de moellons, de débris de briques et de sacs à terre.

La mise à nu du radier permit de faire les constatations suivantes :

Dans la partie la plus mauvaise du barrage de Rosette, le radier était crevassé, certaines fentes avaient jusqu'à 0,10 m. de largeur; il y avait un abaissement, dans le pont supérieur, allant jusqu'à 0,15 m. et un transport latéral de 0,20 m. au maximum ;

La partie est du barrage de Rosette était la meilleure ;

Le barrage de Damiette, qui avait moins été soumis à l'action de forts courants que celui de Rosette, était en meilleur état, mais la désagrégation commençait ;

Sous quelques arches, une grande partie du revêtement en pierres de taille et briques n'existait plus ou n'avait jamais existé ; le béton qui apparaissait n'avait que peu de consistance ;

Des sources existaient en bien des points du radier;

D'une façon générale, l'arrière-radier en talus prévu au projet Mougel n'existait plus ou n'avait jamais existé; on n'en retrouvait des traces que devant une ou deux arches;

Les pieux des deux files amont et aval du radier n'avaient pas été recépés; ils dépassaient le radier de 0,50 m. à 1,25 m.; la vibration produite par le bouillonnement des eaux les avait en partie déchaussés et avait créé tout le long de leur emplacement des sources qu'on eut beaucoup de mal à étancher pendant les travaux;

Enfin, conformément aux prévisions de l'auteur du projet primitif, le massif d'enrochements sur lequel est fondé une certaine longueur du barrage de Rosette s'était tellement bien colmaté que les épuisements, dans cette partie, n'ont pas donné plus de peine qu'ailleurs.

L'exécution du travail présenta de grandes difficultés et on eut à recourir à toutes sortes d'artifices pour capter les sources et les boucher. Certaines arches étant en plus mauvais état que d'autres, le profil indiqué plus haut (pl. VIII, fig. 5) fut plus ou moins modifié suivant les circonstances. Ainsi, dans le profil type, l'altitude du nouveau radier est fixé à 9,50 m.; on s'est bien tenu à cette cote pour tout le barrage de Damiette, sauf deux arches dont le radier a été porté à la cote 10 mètres; mais, dans le barrage de Rosette, pour certaines arches, les meilleures, on arrêta la maçonnerie à la cote 9 mètres; pour d'autres, à 9,20 m., 9,50 m., 10 m., 10,50 m., et même, pour une arche, à 11,50 m.

L'avant-radier a été fait uniformément de 25 mètres de largeur et de 1 mètre d'épaisseur, mais sa composition est variable; tantôt, lorsque le sol est bon, il est en béton composé de 5 parties de pierres, 1 partie et demie de sable, 1 partie de ciment; tantôt, quand le sol est sableux, la couche inférieure est en maçonnerie de moellons, avec mortier hydraulique composé de 1 de chaux et $1\frac{1}{2}$ de pouzzolane artificielle; enfin, quand le sol est mauvais, la maçonnerie est en mortier de ciment avec 2 de sable pour 1 de ciment. C'est d'ailleurs là la composition des diverses maçonneries employées dans le travail.

Quant à l'arrière-radier, sa largeur varie entre 7 mètres et 30 mètres, suivant que les conditions de sécurité étaient plus ou moins favorables. Sur le barrage de Damiette, elle est comprise entre 10 et 15 mètres.

Signalons enfin que l'on supprima dix arches et l'écluse de rive gauche du barrage de Damiette; ce barrage n'a donc plus actellement que 61 arches et une seule écluse.

Le nouveau système de fermetures appliqué au Barrage consiste en vannes métalliques glissant sur des galets dans des rainures en fonte ménagées à l'avant-bec des piles. Elles sont montées et descendues au moyen

de chaînes manœuvrées par de forts treuils à main roulant sur une voie ferrée supportée par les piles[1]. Chaque arche est munie de deux vannes, glissant chacune dans une rainure distincte, et faisant à elles deux la hauteur normale de la retenue. La vanne supérieure a une hauteur uniforme de 2,50 m.; quant à la vanne inférieure, sa hauteur varie suivant l'altitude du seuil dans les différentes arches, de telle sorte que, lorsque les vannes sont baissées, le sommet de la vanne supérieure affleure à la cote 14 mètres et le sommet de la vanne inférieure à la cote 11,50 m.

La dépense totale de restauration des deux barrages, y compris les écluses, s'est élevée à 12 090 000 francs. Les quantités de maçonnerie exécutées ont été les suivantes :

Béton	23 863	mètres cubes.
Maçonnerie de moellons	54 411	—
— de pierres de taille	6 983	—
— de briques	2 680	—
Enrochements	25 460	—
Total	113 397	mètres cubes.

Il est impossible, d'ailleurs, d'évaluer la dépense primitive du Barrage proprement dit, beaucoup de travaux annexes de fortifications à la pointe du Delta et de terrassements ayant été exécutés en même temps.

En même temps que se poursuivait la restauration du Barrage, on exécutait les autres travaux du programme, c'est-à-dire la construction du rayah Charkieh, appelé aujourd'hui rayah Tewfikieh, et d'une écluse de navigation à la tête du rayah Menoufieh.

A partir de l'étiage de 1891, le barrage se trouvait donc en état d'alimenter avec une retenue à l'altitude de 14 mètres (soit 4 mètres au-dessus du niveau moyen des basses eaux), les trois grands canaux d'arrosage des provinces du Delta.

Le Barrage de 1891 *à* 1896. — On ne peut mieux caractériser les conditions dans lesquelles se trouvait le Barrage à la suite des travaux précédents, qu'en rappelant la phrase qui termine un rapport officiel rédigé en 1889 par M. Reid, directeur des travaux :

« Le barrage de Rosette est maintenant complet et n'a besoin que d'une réglementation soigneuse et habile pour prouver la réussite ; mais en même temps le sol sur lequel il est établi est si faible, la profondeur des fondations primitives si petite, le poids de la superstructure si grand et la pression

[1] Ce système est celui qui est actuellement adopté pour la fermeture des ouvrages qui ont des ouvertures de 5 mètres : nous en donnerons un dessin se rapportant au barrage d'Assiout (pl. X, fig. 3, 4 et 5).

de la retenue si forte, que toute imprudence dans la façon de traiter cet ouvrage sera suivie d'effets désastreux. »

En fait, dès le mois de mai 1891, avec une retenue de 3,18 m., sept sources apparurent en aval du barrage de Damiette, le long de l'arête de l'arrière-radier maçonné, et on reconnut, au moyen d'eau teintée, que ces sources venaient du bief amont en passant sous le radier. On les étancha de 1892 à 1895 par le procédé suivant : on dragua en amont de l'avant-radier une fosse, de laquelle on retira les enrochements et le sol perméable qui s'y trouvaient, et on remplaça le tout par un corroi de bonne argile, pilonnée sous l'eau, par couches de 0,50 m., au moyen d'un mouton en fonte pesant 4 tonnes; ce corroi s'étendait sur l'extrémité de l'avant-radier pour former un joint étanche. Pour empêcher l'argile d'être entraînée par le courant au moment de la crue, on la recouvrit de sacs remplis de béton hydraulique, bien rangés l'un à côté de l'autre par des scaphandriers, de façon à constituer une enveloppe continue de maçonnerie de 0,25 m. d'épaisseur (pl. VIII, fig. 7 et 8).

Ce massif d'argile s'étend le long du barrage de Damiette sur 175 mètres environ. Après l'exécution de ce travail, on ne constata plus à l'aval que des petites sources claires, peu abondantes, et qui ne paraissaient pas dangereuses.

Le barrage de Rosette se comporta bien à ce point de vue; on n'eut pas à y faire de travaux d'étanchements; par contre, en 1896, on releva des fissures, très petites, il est vrai, dans les arches de la rive gauche, qui avaient autrefois donné lieu à tant d'inquiétudes.

Pendant cette période, les plus hautes retenues qu'on atteignit furent de 3,72 m. sur la branche de Damiette, après l'étanchement des sources, et de 4,07 m. sur la branche de Rosette. Ces travaux d'étanchement coûtèrent environ 325 000 francs.

Injections de ciment au travers des piles. — Tel qu'il était alors, le Barrage remplissait convenablement son rôle; mais il ne présentait pas des garanties suffisantes contre toute éventualité d'un accident dont les conséquences auraient été incalculables. Ce que l'on savait pertinemment, c'est que le béton des fondations de l'ancien radier était de qualité très inférieure, et cela n'était pas très rassurant; d'autre part, certains ingénieurs pensaient que des cavités existaient, sous les piles et dans l'intérieur du radier, par suite du délavage du béton au moment de la construction. Des sondages faits dans l'intérieur des piles ont démontré que cette dernière supposition était parfaitement exacte; que certaines parties du béton, minées par les infiltrations, s'étaient détachées du massif de fondation, formant ainsi des vides plus ou moins grands sous les piles; que le dessous du radier pré-

sentait une surface assez irrégulière; que ces défauts étaient d'ailleurs moins grands ou plutôt moins généralisés au barrage de Damiette; enfin, que le sol de fondation était généralement formé de bon sable ou de petit gravier.

Ces constatations faites, on prit le parti d'injecter du ciment liquide dans la construction, au moyen de trous forés verticalement dans les piles jusqu'au sol de fondation. Le travail fut exécuté en 1897 et 1898.

Chaque pile fut percée dans son axe de cinq trous de 0,12 m. de diamètre également espacés (pl. VIII, fig. 9 et 10). Ces trous étaient poussés jusqu'au-dessous du radier; au commencement des travaux, on les curait avec la pompe à sable; puis, plus tard, on s'aperçut qu'en descendant la sonde jusqu'à 2 ou 3 mètres au-dessous du radier, tous les débris du forage disparaissaient dans le fond du trou sans qu'un nettoyage spécial fût nécessaire. Les trous, une fois terminés, étaient remplis de ciment liquide. Le ciment pénétrait ainsi dans les maçonneries par l'effet de sa propre pression. Le dessus du Barrage étant à la cote 22 mètres, l'extrémité inférieure du trou de sonde à la cote moyenne 3,50 m., le niveau de la retenue à 13,50 m., et le poids de la colonne de ciment liquide étant double du poids de l'eau, la pression exercée par ce ciment sous le radier était égale à celle d'une colonne d'eau de 26 mètres de hauteur, soit à 2,60 kg. par centimètre carré. Pour les trous de sonde percés dans les avant-becs des piles et qui avaient moins de hauteur que les précédents, la pression était de 1,900 kg. par centimètre carré. Sous ces fortes pressions, on a pu constater que le ciment avait pénétré parfois d'une pile à l'autre par le radier et, dans de nombreux cas, d'un trou à un autre dans une même pile. Les mêmes opérations d'injection de ciment furent exécutées sur les bajoyers des écluses.

Les résultats de ces travaux ont été les suivants :

Barrage de Rosette.

8	piles ont absorbé	chacune de	18 à 22	barils de ciment.
25	—	—	23 à 30	—
15	—	—	31 à 40	—
6	—	—	41 à 50	—
7	—	—	55 à 139	—

En allouant 18 à 22 barils de ciment pour remplir les trous de sondage d'une pile, et en comptant que 9 barils et demi de 160 kilogrammes forment après la prise 1 mètre cube, on voit, d'après les chiffres ci-dessus, que les vides remplis de ciment, en dehors des trous de sonde, ont été :

Pour 8 piles,	rien ou presque rien.	
— 25	— 0,40 m³ en moyenne.	
— 15	— 0,70 m³.	—
— 6	— 1,20 m³.	—
— 7	— de 2 m³ à 44 m³.	—

Les piles qui ont absorbé le plus de ciment ont été celles de la rive gauche, et ensuite celles de la rive droite fondées sur le remblai de moellons.

Pour le barrage de Damiette, les vides remplis de ciment ont été.

Pour 22 piles,	rien ou presque rien.	
— 25	— 0,40 m³ en moyenne.	
— 13	— 0,70 m³.	—
— 5	— 1,20 m³.	—
— 7	— 2,00 m³.	—

La longueur totale des trous de sonde, y compris ceux des bajoyers des écluses, a été de 12 400 mètres; le nombre total de barils de ciment employés a été de 6094 [1] et la dépense totale 160 000 francs.

On a pu ainsi remédier, dans une certaine mesure, aux défauts de construction de l'ancien massif de fondations ; les piles se trouvent parfaitement consolidées; mais on ne peut dire qu'il en soit de même sur toute la longueur du radier, en l'absence de sondages pratiqués entre les piles. Il est certain toutefois que, avec cette dépense relativement faible, les conditions de sécurité et de résistance de l'ouvrage ont été beaucoup améliorées.

Construction de murs de chute en aval du Barrage. — En 1897, en même temps qu'on exécutait les injections de ciment dont il vient d'être parlé, on reconnut que les irrigations de la Basse Égypte seraient grandement facilitées pendant le mois de juillet, c'est-à-dire au commencement de la crue, et aussi pendant l'étiage, si on pouvait relever le niveau de la retenue de la cote 14 mètres à la cote 15,50 m. quel que soit le niveau de l'eau en aval. Or, comme pendant le faible étiage de 1898, le niveau de l'eau en aval du barrage était descendu jusqu'à la cote 9,20 m., c'était une hauteur d'eau de 6,30 m. qu'il fallait faire supporter à l'ouvrage.

Le moyen employé pour obtenir ce résultat fut la construction, à quelques centaines de mètres en aval du Barrage, sur chaque branche du Nil, d'un mur de chute plein (pl. VIII, fig. 11, 12, 13, 14) ayant sa crête arasée à la cote 12,50 m. La cote, en aval de l'ancien barrage, ne pouvant plus, dans ces conditions, descendre au-dessous de 12,50 m., la charge sur

[1] Le prix du baril de ciment était de 14,35 fr.

ce dernier ouvrage se trouve limitée à 3 mètres avec une retenue maxima à la cote 15,50 m.; les murs de chute ont eux-mêmes à retenir, dans les plus mauvaises conditions, une hauteur d'eau de 3,20 m. Du même coup, l'ancien barrage gagnait à la fois en sécurité et en efficacité.

Le mur de chute de la branche de Damiette a 418 mètres de longueur; il comporte une écluse à son extrémité sur la rive droite. Il se compose d'un mur vertical de 3 mètres d'épaisseur fondé sur le terrain naturel à la cote 4 mètres et arasé à la cote 12,50 m., ayant par conséquent 8,50 m. de hauteur. Sur 6,50 m. de hauteur, il est construit en maçonnerie de ciment; au-dessus, en maçonnerie de moellons avec mortier de chaux et pouzzolane artificielle; le couronnement est en pierre de taille. Ce mur est encastré à sa base, de chaque côté, dans un corroi d'argile, au-dessus duquel est disposé un fort massif d'enrochements qui s'étend en aval, sur 30 mètres de largeur, jusqu'à un mur de garde de 2,75 m. d'épaisseur et de 2,50 m. de hauteur en maçonnerie de ciment, arasé à la cote 10 mètres. Ce dernier mur est protégé en aval par un massif de 15 mètres de largeur, composé de blocs naturels pesant de une à deux tonnes.

Le mur de chute construit en travers de la branche de Rosette ne diffère du précédent que par des détails; le mur de garde a un peu plus de hauteur et est protégé à sa base par un corroi d'argile, de façon à pouvoir mieux résister à la pression de l'eau emprisonnée entre le mur de chute et le mur de garde.

Sur les deux branches, quatre murs transversaux relient le mur de chute au mur de garde ; ils sont construits de la même manière ; leur surface supérieure a une pente de 1/12 égale à celle des enrochements encastrés entre les murs de chute et de garde; ils servent à bien caler les enrochements.

Toutes les parties inférieures de ces ouvrages, aussi bien des écluses que des murs, furent construites sans épuisements, en coulant du ciment liquide dans des massifs de moellons préalablement disposés dans des encoffrements. Voici, par exemple, comment on procédait pour les murs de chute.

Aussitôt que le niveau du fleuve baissait, en novembre, on draguait à l'emplacement du mur, d'après le profil indiqué sur la planche VIII (fig. 13 et 14), puis on réglait les fermetures du Barrage de façon à obtenir en aval la cote 11,50 m ; cette cote baissait d'ailleurs au fur et à mesure que le débit du Nil diminuait. On amenait alors sur l'emplacement du mur un appareil flottant (pl. IX, fig. 1, 2, 3,), composé de deux chalands suffisamment espacés l'un de l'autre pour pouvoir comprendre entre eux un caisson de 9 mètres de longueur et 3 mètres de largeur. Entre les deux chalands et posant sur leur rebord, était disposé un pont de service portant au

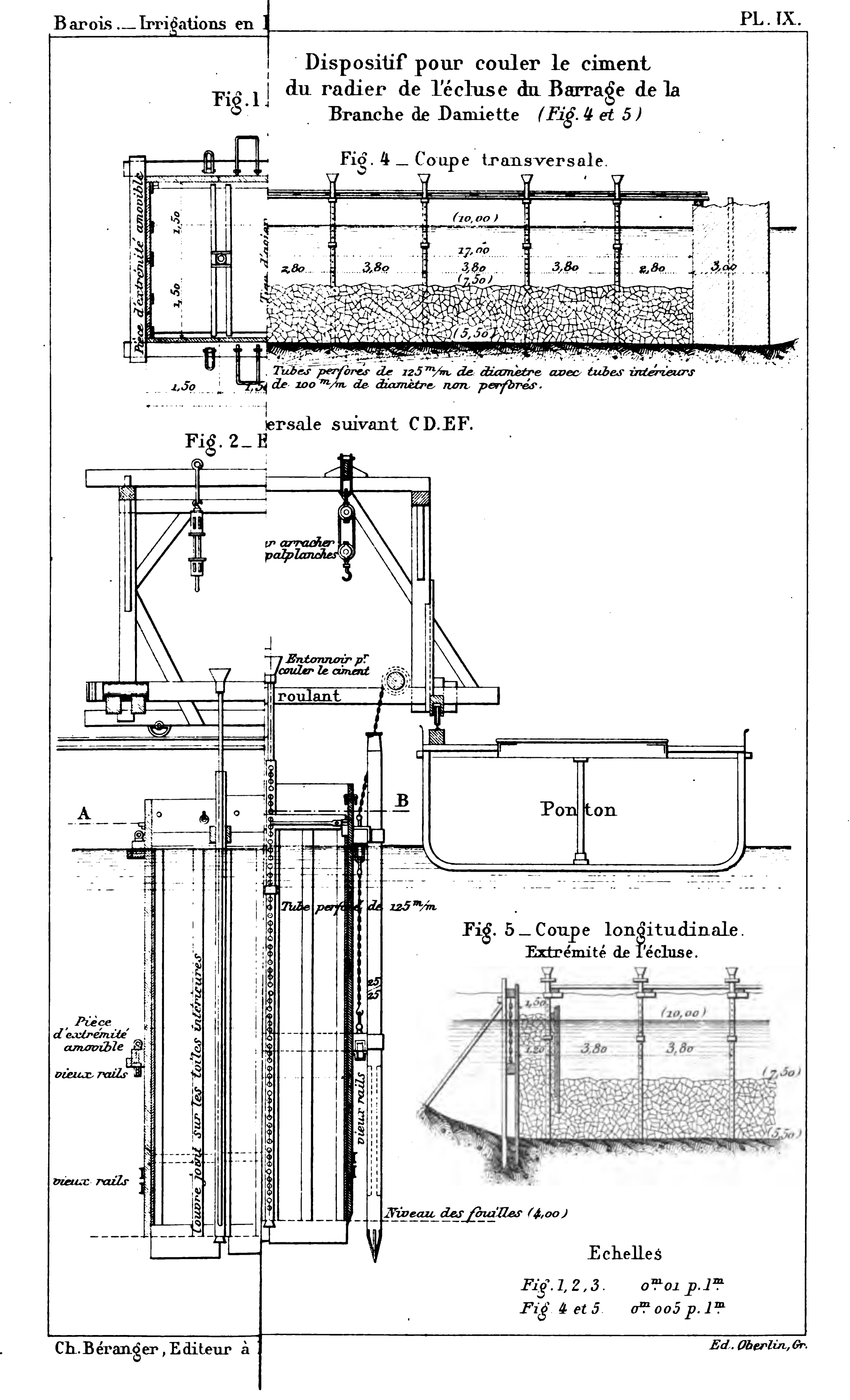
moyen de chaînes deux cadres horizontaux, destinés à maintenir les parois du caisson, l'un de ces cadres descendu au niveau de l'eau et l'autre à 4 mètres au-dessous. Quatre pieux légèrement enfoncés dans le sol maintenaient ces cadres en position. On introduisait entre ces cadres des panneaux en bois de 1,50 m. de largeur et de 9 mètres de hauteur formant les parois du caisson ; ces panneaux, chargés en bas de pièces de fer pour pouvoir rester verticalement dans l'eau, étaient garnis à leur partie inférieure d'une lame de tôle qui, pénétrant dans le sol, devait empêcher le ciment de s'échapper à l'extérieur. Tout l'intérieur du caisson était garni de toiles fixées par des couvre-joints en planches.

Une fois le caisson en place, on dressait verticalement, dans l'axe, quatre tubes en fer de 0,125m. de diamètre, percés de trous sur toute leur longueur, allant jusqu'au fond et dépassant un peu, par le haut, le rebord du caisson. Ces tubes étaient également espacés. On introduisait ensuite, dans les tubes percés de trous, des tubes pleins de 0,075 m. de diamètre garnis d'un entonnoir à la partie supérieure et s'élevant jusqu'à 2 mètres au-dessus du niveau de l'eau.

Le caisson ainsi préparé, on le remplissait d'en haut, jusqu'au niveau de l'eau, de moellons mélangés de 20 p. 100 de pierres cassées et de 15 p. 100 de cailloux, puis on coulait du ciment liquide dans le premier et le troisième tubes ; le ciment descendait jusqu'en bas et se répandait dans le massif par les trous du tube extérieur en vertu de sa pression. Dans le second et le quatrième tubes, étaient des flotteurs construits de façon à être plus lourds que l'eau pure et plus légers que le ciment liquide ; on se rendait compte, par leur déplacement, du niveau atteint dans la masse par le ciment coulé. De temps en temps, on changeait les flotteurs de tubes et on coulait le ciment par les tubes qui contenaient auparavant les flotteurs. Au fur et à mesure que le ciment montait, on relevait les tubes intérieurs. En général, pour éviter les déperditions de ciment par le fond, on le coulait d'abord jusqu'à ce qu'il atteignît 1 mètre de hauteur, on le laissait faire prise et on continuait ensuite sur toute la hauteur. Lorsque le ciment était arrivé au niveau de l'eau, on achevait à sec la maçonnerie du mur. Un caisson pouvait ainsi être rempli de maçonnerie en trois où quatre jours. On déplaçait alors l'appareil flottant, on enlevait l'encoffrement et on reconstituait le caisson à côté, l'une des parois du nouveau caisson étant formée par la face verticale extérieure du bloc qui venait d'être terminé.

Le mur de garde, les murs transversaux et les bajoyers des écluses furent construits de la même manière.

De petites fissures s'étant produites parfois entre deux blocs successifs, par suite des différences de tassement de la maçonnerie, pour éviter cet inconvénient, on ménageait entre les deux blocs un trou cylindrique ver-


Dispositif pour couler le ciment
du radier de l'écluse du Barrage de la
Branche de Damiette (Fig. 4 et 5)
Fig. 1
Fig. 4 — Coupe transversale.
Pièce d'extrémité amovible
1,50
1,50
(10,00)
17,00
2,80
3,80
3,80
(7,50)
3,80
2,80
3,00
(5,50)
Tubes perforés de 125 m/m de diamètre avec tubes intérieurs de 100 m/m de diamètre non perforés.
1,50
ersale suivant CD.EF.
Fig. 2 — E
palplanches
Entonnoir pr couler le ciment
roulant
A
B
Ponton
Tube perforé de 125 m/m
Fig. 5 — Coupe longitudinale.
Extrémité de l'écluse.
Pièce d'extrémité amovible
vieux rails
Couvre joint sur les toiles intérieures
vieux rails
vieux rails
1,50
(10,00)
1,20
3,80
3,80
(7,50)
(5,50)
Niveau des fouilles (4,00)
Echelles
Fig. 1, 2, 3. 0m 01 p. 1m
Fig. 4 et 5 0m 005 p. 1m

tical qu'on laissait vide, et, quand les blocs étaient secs et que les corrois d'argile étaient en place, on remplissait ce trou de ciment qui se répandait dans les petites fentes existant à la jonction des deux blocs.

Le même procédé de ciment coulé sous l'eau fut employé pour le radier des écluses, qui a 100 mètres de longueur sur 17 mètres de largeur. Après la construction des bajoyers, on établit des encoffrements aux deux têtes de l'écluse (pl. IX, fig. 4 et 5). Puis on fixa à un plancher, placé au-dessus du niveau de l'eau, des tubes en fer verticaux descendant jusqu'au fond de la fouille draguée, disposés comme pour les murs de chute et distants de 3,80 m. d'axe en axe. On jeta, tout autour, des moellons mélangés de 20 p. 100 de pierres cassées et de 15 p. 100 de cailloux, de façon à former sur tout le radier une couche uniforme de 2 mètres, et on coula sans discontinuer, jour et nuit, le ciment, par les tubes, d'un bout à l'autre du radier, puis dans les encoffrements de tête destinés à former ensuite bâtardeaux. En moins de quatre jours, le ciment fut coulé dans l'écluse de Damiette ; un mois après on épuisait et on trouvait un radier parfaitement imperméable qu'on achevait de construire à sec. Sur la branche de Rosette, par suite du dérangement causé par de fortes pluies, le coulage du ciment commencé le 24 février ne fut terminé que le 3 mars ; le 4 mars on épuisait et le radier était parfaitement étanche.

En même temps qu'on faisait ces travaux, on augmentait de 1,50 m. la hauteur de toutes les portes supérieures de l'ancien barrage, de façon à ce que, mises en place, elles pussent affleurer à l'altitude 15,50 m., cote de la retenue à obtenir.

Le système de construction avec du ciment coulé ne fut adopté qu'après des essais préliminaires, qui furent jugés satisfaisants. En 1898, du 15 mai au 31 juillet, on fit 80 mètres de longueur de mur sur la branche de Damiette à titre d'expérience en grand ; mais le travail ne fut entrepris activement qu'en 1899. En deux saisons, allant de novembre à juillet, les deux barrages furent entièrement terminés, il ne resta plus pour 1901 que quelques petits travaux de parachèvement. Grâce à la méthode employée pour les fondations sous l'eau, on put ainsi, sans éprouver aucune espèce de difficulté, exécuter avec une grande rapidité ces deux ouvrages comportant :

400 000 mètres cubes de dragages ;

267 000 mètres cubes de terrassements ;

74 000 mètres cubes de maçonnerie de toute nature, dont 43 500 mètres cubes avec ciment coulé ;

200 000 mètres cubes d'enrochements ;

55 000 mètres cubes de corroi d'argile.

La dépense totale, y compris le surhaussement des portes de l'ancien barrage, a été de 11 285 000 francs.

Le prix de revient du mètre cube de maçonnerie de ciment sous l'eau a été de 62,50 fr. le mètre cube, avec du ciment coûtant en moyenne 14,30 fr. le baril de 360 livres anglaises [1].

Le Barrage ainsi transformé fonctionne maintenant dans de bonnes conditions. On a constaté que l'obstacle créé par les nouveaux murs de chute ne relève qu'insensiblement le niveau des crues; d'ailleurs l'obstruction qu'ils produisent dans le lit du fleuve n'est pas plus forte que celle qui résulte de la présence des piles mêmes de l'ancien barrage.

BARRAGE D'ASSIOUT

Le barrage d'Assiout (fig. 75) vient d'être construit sur le Nil au kilomètre 423. Il a pour objet de régler la hauteur du fleuve à l'entrée du canal Ibrahimieh, cette grande artère qui arrose déjà 230 000 hectares de terres dans la Moyenne Égypte et au Fayoum, et qui doit en arroser 195 000 en plus, soit en tout 425 000 hectares.

Commencé en décembre 1898, cet ouvrage fut inauguré en décembre 1902. Tous les travaux d'infrastructure furent terminés dans les trois campagnes de 1899, 1900 et 1901, dont la durée s'étend chaque année du mois de décembre au mois de juillet, soit pendant la période des basses eaux.

Le barrage d'Assiout a la forme d'un pont en maçonnerie dont les arches sont munies d'appareils mobiles de fermeture. Il se compose de 111 arches de 5 mètres d'ouverture avec piles de 2 mètres d'épaisseur. Toutes les dix arches sont des piles-culées de 4 mètres d'épaisseur. Les piles ordinaires ont 12,80 m. de longueur à la base et 11,20 m. au sommet et les piles-culées 15,40 m. de longueur à la base et 14,40 m. au sommet. Les piles supportent des arches en arc de cercle surbaissé, sur lesquelles est établie une route de 4,50 m. de largeur, à 12,50 m. au-dessus du radier. Sur le côté de la route, les arches portent en outre le chemin de roulement des treuils de manœuvre des appareils de fermeture qui se composent, pour chaque arche, de deux portes de 2,50 m. de hauteur chacune et de 5 mètres de largeur; ces portes, mises en place l'une au-dessus de l'autre, forment une fermeture de 5 mètres de hauteur au-dessus du radier (pl. X, fig. 1 à 8).

A l'extrémité rive gauche du barrage est une écluse de 80 mètres de longueur et de 16 mètres de largeur.

La longueur totale de l'ouvrage entre le mur extérieur de l'écluse et la culée rive droite est de 833 mètres.

Sauf les voûtes des arches, qui sont en briques, toute la superstructure

[1] Le projet fut dressé et exécuté sous la direction du major R. H. Brown, Inspecteur général des irrigations.

est en maçonnerie de moellons et de pierres de taille calcaires avec mortier hydraulique de chaux et de pouzzolane artificielle.

La naissance des arches est établie à la cote des plus hautes eaux, soit 53,95 m., et le dessus du radier est à 1,25 m. au-dessous de la cote des

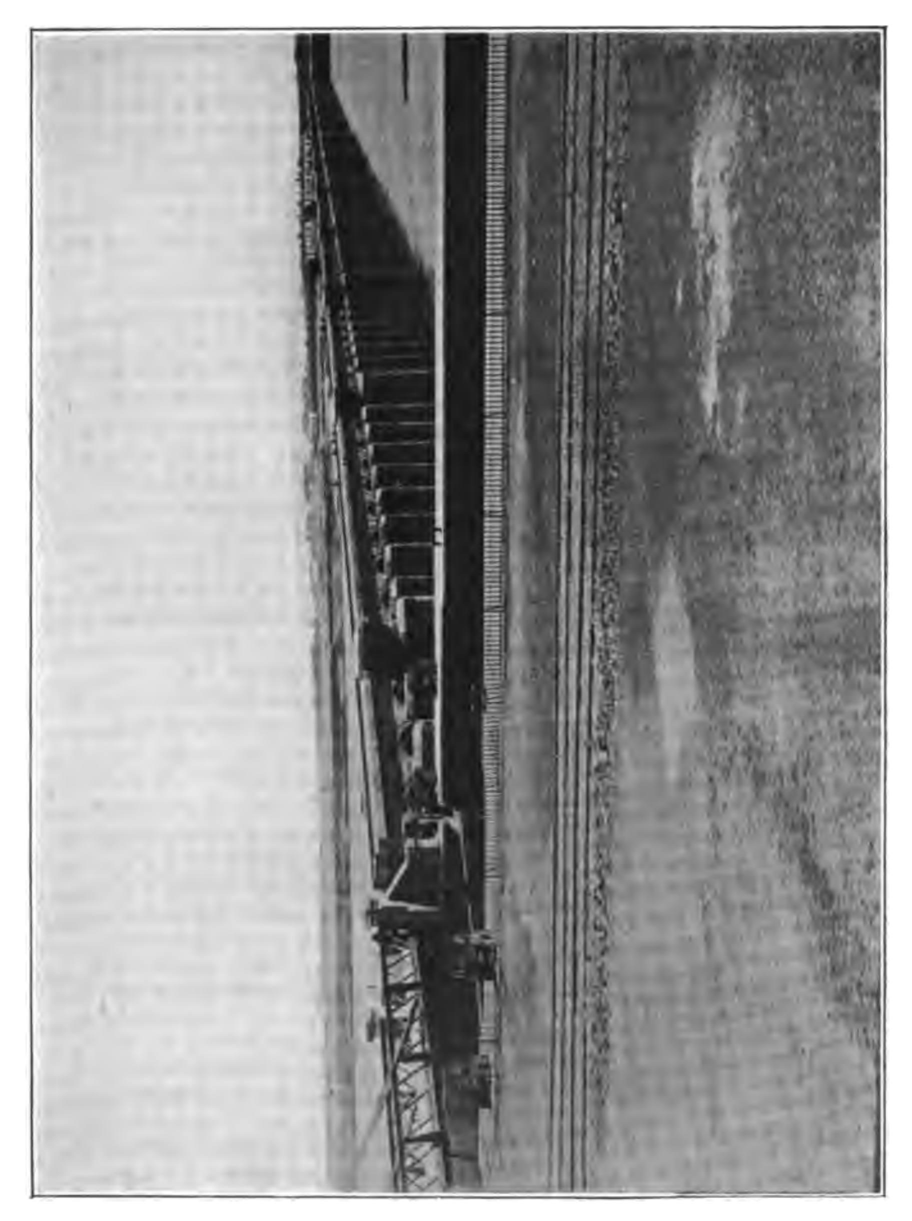


Fig. 75. — Vue amont du barrage d'Assiout.

plus basses eaux, qui est de 44,50 m. La retenue d'amont pendant les basses eaux est fixée à la cote 47 mètres, soit 2,50 m. au-dessus des plus basses eaux. L'ouvrage doit, en tout temps, laisser passer l'eau qui est nécessaire à l'irrigation des provinces situées en aval.

Le radier est fondé sur un lit de béton de ciment de 0, 90 m. d'épaisseur et de 26,50 m. de largeur, compris entre deux files de pieux en fonte jointifs enfoncés de 4 mètres dans le sol. Sur le béton est posé un massif de maçonnerie de moellons et de mortier de ciment à quatre parties de sable pour une de ciment, ayant 2,10 m. de hauteur et 26,50 m. de largeur. L'épaisseur totale du radier maçonné est donc de 3 mètres. Un lit de pierres de taille encastrées dans la maçonnerie de moellons forme seuil sous les appareils de fermeture. Le radier est protégé sur 20 mètres de largeur, en amont et en aval, par des enrochements, et en plus, en amont, par un corroi d'argile.

Le sol de fondation est du sable pur sur toute la longueur de l'ouvrage.

Ce qui caractérise principalement cet ouvrage, c'est la double ligne de pieux en fonte établie pour former autour du radier une ceinture étanche qui s'étend en profondeur jusqu'à 7 mètres au-dessous du seuil du barrage.

Ces pieux ont une longueur totale de 4,90 m. et une largeur de 0,698 m. (pl. X, fig. 6, 7 et 8). Chacun d'eux présente sur toute sa longueur, d'un côté, une languette et, de l'autre côté, une rainure dans laquelle s'engage la languette du pieu voisin ; l'arête inférieure du pieu est coupée en biais. Ces pieux étaient enfoncés au moyen de sonnettes à vapeur avec mouton du poids d'une tonne.

La rainure de chaque pieu étant plus profonde de 28,5 mm. que la longueur de la languette, il restait dans le fond de la rainure, entre deux pieux jointifs, un vide ayant la forme d'un carré de 28,5 mm. de côté. Quand les pieux étaient à profondeur, on nettoyait ce vide au moyen d'une pompe à sable ayant un tuyau de 12,5 mm. de diamètre, et on y coulait du ciment de façon à le boucher complètement.

Lorsque les pieux étaient enfoncés avant que le sol de fondation fût complètement déblayé à niveau, on les surmontait d'un autre pieu de 3 mètres de longueur, emmanché sur la tête du pieu inférieur au moyen de plaques de tôle et de boulons, qu'on enlevait ensuite.

Deux sonnettes à vapeur pouvaient enfoncer sept pieux de 4,90 m. dans une journée, ou onze pieux en travaillant nuit et jour.

Toute la construction fut exécutée à sec, en épuisant dans de grandes enceintes formées par des digues en terre qui entouraient tout le chantier d'une campagne. Ces digues étaient faites au moyen des déblais dragués à l'emplacement du barrage ou provenant du lit du fleuve.

La première campagne commença le 1er décembre 1898, lorsque les eaux étaient descendues à la cote 48,98 m., et cessa le 7 août, lorsquelles étaient montées à la cote 48,37. Les digues d'enceinte du chantier comprenaient l'écluse de rive gauche et 210 mètres de barrage ; elles enfermaient une surface de 42 000 mètres carrés dans laquelle il fallait épuiser à 4,80 m. de

Fig. 1 _ Elévation amoen fonte du Barrage d'Assiout (Fig. 6, 7, 8.)

Echelle de $0^m 002$ p. 1^m *Echelle de $0^m 100$ p. 1^m*

Fig. 6 _ Section horizontale

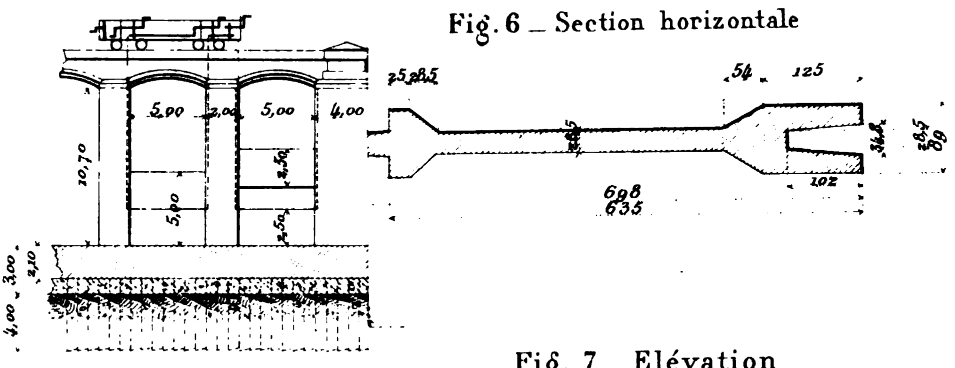


Fig. 7 _ Elévation

A

698

4m 000

B

Portes métalliques du Bar

Echelle de

Fig. 3 _ Elévation

2,50

2,50

Fig. 5

Plan Coupe horiz

Porte supérieure

Porte inférieure

5,00
5,20
5,40

Ch. Béranger, Editeur à Paris. Imp. Monrocq. Paris _ Ed. Oberlin, Gr.

profondeur. On employa pour les épuisements 8 pompes centrifuges de 0,30 m., 2 de 0,25 m. et 4 de 0,20 m.; les pompes étaient actionnées par des machines verticales à action directe et étaient montées sur des massifs de maçonnerie, de 2 mètres de côté, foncés sur des puits dans le lit du fleuve jusqu'à la cote 38,50 m. On eut à se défendre contre de nombreuses sources se faisant jour sur l'emplacement du radier; on les capta dans des tubes en fonte s'élevant jusqu'à 7 mètres au-dessus du radier; ces tubes étaient encastrés dans la maçonnerie; une fois la campagne terminée et le chantier couvert d'eau, on les remplissait de ciment jusqu'au niveau du seuil du barrage et on coupait ce qui dépassait ce niveau.

Pour protéger contre les affouillements, pendant la crue, l'extrémité de la partie du radier qui venait d'être achevée, on enfonça les derniers pieux en fonte à 7 mètres de profondeur, et on recouvrit la maçonnerie et le sol voisin sur une certaine longueur avec des sacs de sable.

La seconde campagne commença le 23 novembre, les eaux du Nil étant à la cote 47,50 m. Les digues d'enceinte du chantier comprirent d'abord 110 mètres de longueur de barrage, depuis la partie construite l'année précédente, et 100 mètres de longueur à partir de la rive droite; puis, les fondations terminées sur ces deux sections, on fit, à la suite, une nouvelle enceinte de 150 mètres de longueur du côté rive gauche et de 140 mètres du côte rive droite. Toute la partie restante du Nil fut ainsi barrée successivement pendant la campagne; la navigation fut reportée sur un point du radier terminé. Le 23 juillet, les digues se rompirent; on avait alors battu les deux files de pieux sur toute la longueur du barrage, mais la maçonnerie du radier restait inachevée sur 140 mètres et non encore commencée sur 20 mètres de longueur.

Dans la troisième campagne, on fit d'abord une enceinte de digues autour de la partie inachevée du radier; le travail était difficile, parce que le chenal principal du fleuve s'était reporté de ce côté-là pendant la crue. Après des essais infructueux d'épuisement, ne pouvant atteindre la cote du dessous du radier, on prolongea les digues amont et aval jusqu'à la rive droite, enfermant ainsi une surface totale de 54 000 mètres carrés. Les épuisements nécessitèrent l'emploi de 15 pompes centifuges de 0,30 m., une de 0,25 m., une de 0,20 et une de 0,15 m.

Pendant ces deux dernières campagnes, on eut encore à capter un grand nombre de sources; on procéda comme dans la première année; on en eut ainsi à aveugler 974 sur tout l'ensemble de l'ouvrage.

Pendant la dernière campagne, certains symptômes faisaient craindre que des poches ne se fussent produites, par suite des fouilles et des épuisements, sous les deux extrémités du radier entre lesquelles il restait à travailler; par précaution, on fit des forages distants de 3 à 4 mètres dans

la maçonnerie de l'année précédente, jusqu'au sol de fondation, et on y coula du ciment au moyen de tubes en fonte s'élevant jusqu'à 5 mètres de hauteur au-dessus du radier. On procéda de même sur une assez grande partie du radier de rive droite où, en quelques points, on avait constaté de petits craquements résultant de l'effet des épuisements sur les sources souterraines.

Les portes de fermeture du barrage sont en tôle, d'un modèle presque identique à celles du barrage du Delta ; elles glissent verticalement dans des rainures en fonte fixées par de grands boulons aux avant-becs des piles ; elles sont munies de galets de roulement, qui diminuent le frottement sur les rainures ; on les manœuvre du haut du pont au moyen de deux chaînes supportées par un treuil roulant qui se déplace le long du barrage ; ces treuils sont au nombre de quatre (pl. X, fig. 3, 4 et 5).

Dans les mois de mai et juin, le nombre des ouvriers travaillant sur les chantiers s'éleva en moyenne à 12 400 dont 375 européens et le reste indigènes. Les travaux de superstructure avançaient parallèlement à ceux des fondations et, en février 1902, tout était terminé.

Le barrage d'Assiout a coûté environ 19 000 000 francs, non compris achats de terrains et autres dépenses accessoires, soit 23 000 francs par mètre courant de barrage, y compris l'écluse.

BARRAGE DE ZIFTA

Ce barrage est établi sur la branche de Damiette[1] à 85 kilomètres en aval du barrage du Delta. Commencé en 1901, il fut terminé à la fin de 1902 (pl. X, fig. 9).

Le but de cet ouvrage est principalement de venir en aide au barrage du Delta au commencement de la crue, au mois de juillet, époque où il y a dans toute l'Égypte une demande d'eau considérable pour l'arrosage des cultures d'été et les semailles du maïs et du dourah. Au moyen de prises faites sur le Nil en amont de cet ouvrage, les longs canaux d'irrigation qui prennent leur eau au barrage du Delta recevront un supplément d'alimentation, qui facilitera la distribution dans les biefs inférieurs de ces canaux, aujourd'hui entièrement tributaires des biefs supérieurs.

Ce barrage est construit pour retenir, en cas de besoin, une hauteur de 4 mètres au-dessus des plus basses eaux d'été. Ses dispositions sont presque identiques à celles du barrage d'Assiout. Il a 50 arches de 5 mètres d'ouverture avec piles de 2 mètres de largeur et, toutes les dix arches, une pile culée de 4 mètres de largeur. Le radier en maçonnerie a 30 mètres

[1] Voir page 145.

de largeur et 3 mètres d'épaisseur ; il est compris entre deux lignes de pieux en fonte, en amont et en aval, celle d'amont enfoncée à 4 mètres de profondeur, et celle d'aval à 3 mètres seulement au-dessous du sol de fondation du radier. Sur la rive gauche est une écluse de navigation de 12 mètres de largeur sur 65 mètres de longueur utile.

Sur les deux tiers de la surface de l'écluse et sur presque toute la longueur de l'ouvrage, le sol de fondation est de l'argile solide. Aussi les travaux, exécutés à sec d'après les méthodes que nous avons exposées pour le barrage d'Assiout, n'ont pas présenté de difficultés.

La construction du barrage est évaluée à 9 100 000 francs, représentant une dépense de 24 000 francs environ par mètre linéaire de l'ouvrage, y compris l'écluse.

BARRAGE D'ASSOUAN[1]

Le barrage d'Assouan, construit en travers du Nil, à quelques kilomètres en amont de la ville d'Assouan, sur la crête de la cataracte, a pour objet de retenir les eaux du fleuve sur 20 mètres de hauteur, de façon à former, dans la vallée même, un vaste réservoir contenant une réserve d'eau de plus d'un milliard de mètres cubes. Cette eau, emmagasinée pendant la période décroissante de la crue, est débitée dans le lit même du fleuve pendant les mois d'étiage, et lui donne un supplément d'alimentation destiné à améliorer les conditions de l'irrigation dans la Basse Égypte et le Fayoum, et à permettre de cultiver le coton et la canne à sucre sur 270 000 hectares de la Haute et de la Moyenne Égypte, jusque-là soumis au régime de l'inondation.

Cet ouvrage est percé d'orifices à fermetures mobiles par lesquels doit passer librement la crue du Nil.

L'importance du barrage d'Assouan comme ouvrage d'art, les modifications qu'il apporte au régime des eaux, la sécurité que doit présenter au point de vue de la stabilité une digue ainsi percée d'ouvertures à grandes sections jetée sur un des plus grands fleuves du monde, le capital considérable engagé dans sa construction et les conséquences résultant de son établissement pour l'irrigation du pays tout entier, toutes ces raisons conseillaient au gouvernement égyptien de ne se lancer dans cette entreprise qu'après de longues études préparatoires et qu'en s'inspirant de l'avis des ingénieurs les plus expérimentés.

Les études furent faites de 1890 à 1893 par M. Willcocks[2] et furent soumises, en 1894, à une commission composée de Sir Benjamin Baker, ingénieur de tant de travaux considérables, de M. Boulé, inspecteur général des Ponts et Chaussées, si connu par ses barrages sur la Seine, et de M. G. Torri-

[1] Voir chapitre IX.
[2] Aujourd'hui sir William Willcocks.

celli, savant ingénieur hydraulicien. Le projet définitif fut ensuite dressé par M. Willcocks, avec le concours de Sir Benjamin Baker, désigné comme ingénieur-conseil. Enfin, le 21 février 1898, un contrat fut passé avec MM. John Aird et Cie pour l'exécution du travail. La cérémonie d'inauguration du barrage achevé eut lieu en grande pompe le 10 décembre 1902.

La cataracte d'Assouan est formée par une succession de rapides, qui produisent une différence de niveau de 5 mètres environ à l'étiage, sur une distance de près de 5 kilomètres comprise entre l'île de Philæ et la ville d'Assouan. La chute est inégalement répartie sur cette longueur ; elle est à peu près de 3 mètres entre une ligne prise à 100 mètres en amont de l'axe du barrage et une ligne prise à 100 mètres en aval.

Le Nil en cet endroit est divisé, par des rochers et de petites îles, en un grand nombre de bras (pl. XI, fig. 1 et 2). Sur l'emplacement même du barrage, il y avait, à l'étiage, cinq chenaux qui, en allant de la rive droite à la rive gauche, étaient désignés sous les noms de :

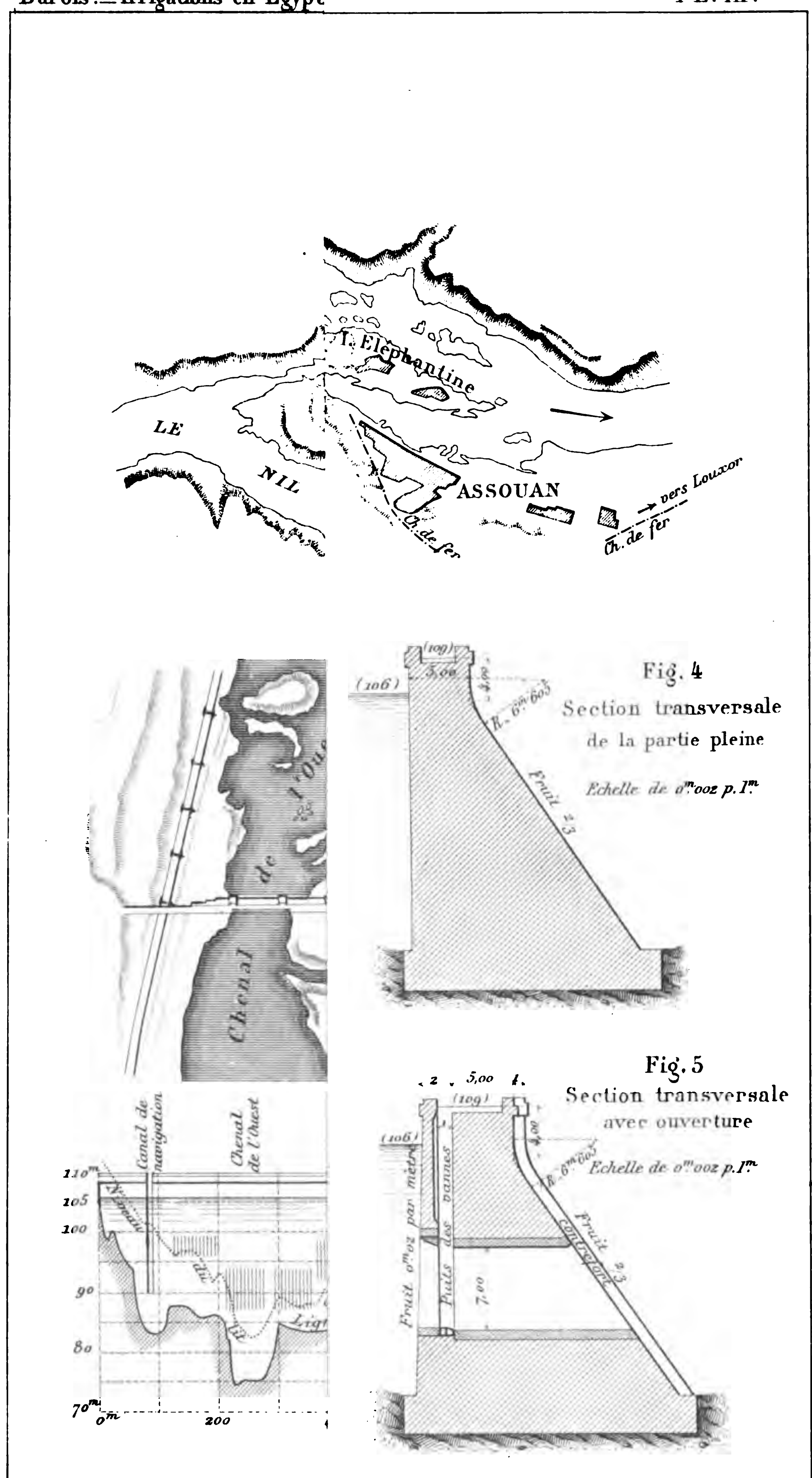
Grand chenal : largeur à l'étiage	50	mètres.
— profondeur maxima à l'étiage	6	—
El Haroun : largeur à l'étiage	40	—
— profondeur maxima à l'étiage	2	—
Petit chenal : largeur à l'étiage	25	—
— profondeur maxima à l'étiage	5	—
Chenal central : largeur à l'étiage	100	—
— profondeur maxima à l'étiage	4,50	m.
Chenal de l'Ouest : largeur à l'étiage	100	—
— profondeur maxima à l'étiage	8	—

Tout le lit du fleuve, les îles qui en émergent et les berges, sont entièrement composés de roches dures de syénite ou de diorite, fissurées à la surface sur une profondeur plus ou moins grande.

En dehors des chenaux d'étiage, le niveau général du lit majeur du fleuve est compris entre les cotes d'altitude 85 mètres et 95 mètres. Le niveau moyen des crues est à la cote 98 mètres et le niveau des étiages à la cote 90 mètres.

La cote maxima du réservoir est fixée à 106 mètres et la cote minima à laquelle se maintient l'eau en aval est 86 mètres ; le barrage doit donc retenir une hauteur d'eau de 20 mètres. Avec cette retenue, le réservoir contient 1 065 000 000 mètres cubes d'eau et le relèvement de niveau se fait sentir sur le Nil jusqu'à 160 kilomètres en amont.

La crête du barrage est arrêtée à la cote 109 et le dessus du parapet à la cote 110 ; les fondations, en un point de la passe du Grand chenal, ayant été descendues jusqu'à la cote 70 mètres, il en résulte que la plus grande hauteur de l'ouvrage, y compris sa fondation, est de 40 mètres ; le point le plus bas atteint par les fondations est à 13,50 m. au-dessous du lit du fleuve



Ch. Béranger, Editeur à Paris. Imp. Monrocq. Paris. — Ed. Oberlin, Gr

et la plus grande hauteur de maçonnerie au-dessus de ce lit est de 28 mètres.

La longueur du barrage est de 1 966 m.; son tracé est rectiligne en plan; sa section est celle d'un mur de réservoir en maçonnerie (pl. XI, fig. 2 et 3).

Sur 500 mètres environ, rive droite, c'est un mur plein; mais, sur le reste de sa longueur, il est percé de 180 ouvertures destinées au passage de l'eau. Ces orifices sont munis de portes mobiles qu'on peut lever ou abaisser suivant qu'on veut vider ou remplir le réservoir. Ils sont placés à des niveaux différents, de façon à permettre de réduire autant que possible la pression d'eau sous laquelle chaque vanne doit manœuvrer; ils sont divisés en pertuis inférieurs au nombre de 140 et pertuis supérieurs au nombre de 40.

Les pertuis inférieurs ont 7 mètres de hauteur sur 2 mètres de largeur, soit un débouché de 14 mètres carrés; les pertuis supérieurs ont une surface moitié moindre, leur hauteur étant de 3,50 m. avec la même largeur de 2 mètres. Leur section est rectangulaire avec un évasement à l'amont.

Un canal de navigation a été creusé dans le roc à l'extrémité rive gauche du barrage. Sa longueur est de 2 000 mètres environ. La chute de 20 mètres entre le niveau maximum du réservoir et le niveau minimum du Nil, en aval du barrage, est rachetée par quatre écluses, dont trois ont 6 mètres de chute chacune et la quatrième 3 mètres. La largeur du canal au plafond est de 15 mètres. La largeur des écluses est de 9,50 m. et leur longueur utile de 75 mètres. La navigation devant être maintenue dans ce canal en tout temps, quel que soit le niveau du réservoir, les portes de l'écluse amont ont 19 mètres de hauteur; celles de l'écluse aval n'ont que 9 mètres.

La cote du plafond du canal, en amont des écluses, est 90 mètres et en aval 83 mètres.

Voici comment on manœuvre le barrage :

Pendant la crue, les portes sont levées et tous les pertuis ouverts en plein. Il en est ainsi tant que le fleuve reste chargé de limon. Quand l'eau commence à devenir claire, c'est-à-dire en octobre ou en novembre, suivant le caractère de la crue, on se prépare à abaisser les portes. On ferme d'abord les pertuis les plus bas, puis progressivement les pertuis intermédiaires et les pertuis supérieurs, jusqu'à ce que le niveau du réservoir atteigne la cote 106, ce qui doit arriver, dans une année ordinaire, en février ou en mars. Pendant tout ce temps, le débit qui passe à travers le barrage doit être réglé d'après l'état du fleuve et d'après les besoins de l'irrigation et de la navigation.

La cote 106 est maintenue en amont jusqu'à ce que la demande d'eau devienne supérieure au débit journalier du Nil; cette demande est toujours très forte en mai, juin et juillet.

Quand il devient nécessaire de prélever sur le volume emmagasiné pour

augmenter les ressources naturelles du Nil, on procède en sens inverse de ce qui vient d'être dit. Les pertuis supérieurs sont d'abord ouverts, puis les intermédiaires, puis les inférieurs ; le niveau baisse graduellement dans le réservoir, et lorsqu'on vient à ouvrir les portes les plus basses, la pression qu'elles ont à supporter pendant leur manœuvre se trouve ainsi très réduite.

Le temps employé à vider le réservoir est réglé d'après les nécessités des irrigations ; mais, quand la crue arrive, toutes les portes doivent être ouvertes ; elles offrent un débouché total de 2 400 mètres carrés.

En appliquant la formule $v = 0,8 \sqrt{2gh}$, on trouve que le débit d'une crue moyenne de 10 000 mètres cubes par seconde franchira le barrage avec une vitesse de 4,75 m. par seconde, sous une charge de 2 mètres, et qu'une crue exceptionnelle de 14 000 mètres cubes par seconde passera, sous une charge de 4,25 m., avec une vitesse de 7 mètres par seconde.

Le barrage est entièrement construit én granite et en mortier de ciment. D'après le rapport de M. Willcocks, auteur du projet, les dimensions en ont été calculées de telle sorte qu'en aucun point la pression sur les maçonneries ne dépasse 5 kilogrammes par centimètre carré.

Dans la partie voisine de la rive droite, où il n'y a pas d'ouvertures, la largeur au sommet est de 5 mètres, le parement amont est à peu près vertical, avec un fruit de 0,02 m. par mètre, le parement aval est incliné à 1 de base pour 1 1/2 de hauteur et se raccorde en haut avec la verticale par un arc de cercle de 6,605 m. de rayon. Un simple bandeau de 1 mètre de hauteur, en saillie, forme le couronnement (pl. XI, fig. 4).

Sur le reste de la longueur du barrage, où sont percés les pertuis, la largeur en couronne est portée à 7 mètres et le fruit du parement amont à 0,036 m. par mètre ; un puits de 1 mètre de largeur est ménagé du haut en bas, au-dessus de chaque ouverture, pour faire monter et descendre les portes (pl. XI, fig. 5). En outre, des contreforts de 6 mètres de largeur et de 1,15 m. de saillie sont établis en aval, avec le même profil que le mur lui-même à 70 mètres de distance les uns des autres, comprenant entre eux une série de 10 ouvertures.

Le corps de la maçonnerie est en moellons de granite bruts avec mortier de ciment à 4 volumes de sable pour 1 de ciment ; les pierres ne sont pas disposées par lits arasés. Le parement amont est en moellons de granite, de fortes dimensions, appareillés dont la face est grossièrement taillée, de façon à former de forts bossages ; ces moellons sont posés à bain de mortier de ciment à 1 de ciment pour 2 de sable. Le parement aval est construit de la même manière, mais le rejointement seul est fait avec ce dernier mortier, qui est également employé pour la partie inférieure des fondations sur une couche de 0,70 m. d'épaisseur.

Les quatre faces de la plupart des pertuis sont entièrement composées

de fortes pierres de taille de granite parfaitement dressées; la face supérieure est formée de linteaux d'une seule pièce.

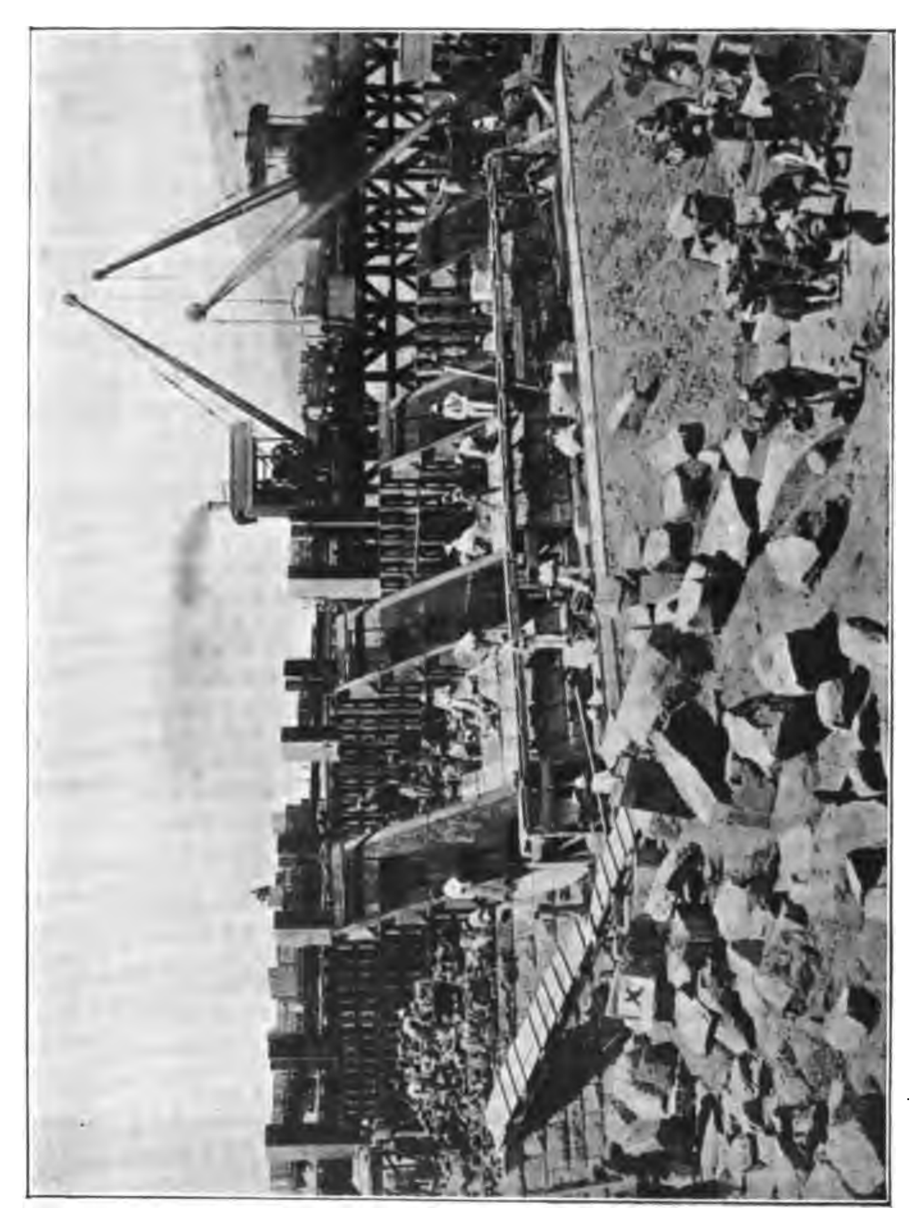


Fig. 76. — Barrage d'Assouan ; revêtement métallique des pertuis.

On avait d'abord pensé à garnir les quatre parements de ces pertuis avec des plaques de fonte qu'on considérait comme plus capables de bien résister à l'action des fortes vitesses de l'eau en temps de crue ; mais, on renonça à cette idée, sauf pour 30 des ouvertures les plus basses (fig. 76). Pour celles-ci, le revêtement de fonte a une épaisseur de 35 à 38 millimètres en

plaques de 1,50 m. sur 1,90. m. Les plaques verticales ont chacune deux nervures verticales de 0,30 m. de hauteur, évidées de façon à être bien prises dans la maçonnerie ; ces plaques sont réunies ensemble par deux boulons de 38 millimètres ; un joint en feutre de 3 millimètres est ménagé entre les faces des nervures verticales ainsi reliées l'une à l'autre. Les plaques de fonte du radier ont 2,70 m. sur 0,75 m. ; elles sont posées avec des joints de 0,003 m. en feutre ; elles ont chacune une nervure de 0,30 m. noyée dans la maçonnerie ; elles ne sont pas réunies ensemble, mais sont seulement boulonnées, à chaque extrémité, avec la nervure de la plaque verticale située au-dessus.

Dans chaque pertuis, se trouve une porte en acier glissant dans des rainures en fonte et manœuvrée de la partie supérieure du barrage au moyen d'un treuil. Pour diminuer les frottements sur les rainures, des rouleaux en fonte sont disposés entre la face aval de la porte et la face d'appui de la rainure. Chaque porte a ainsi deux trains de 34 rouleaux ayant 37 centimètres de longueur et 19 centimètres de diamètre, et dont les axes sont fixés dans un cadre en acier formé de barres de 0,160 m. de largeur sur 0,025 m. d'épaisseur. Ce cadre est lui-même suspendu dans la rainure par un câble d'acier à deux brins ; il monte et il descend en même temps que la porte elle-même, mais avec une vitesse moitié moindre. Ce système de rouleaux, connu en Angleterre sous le nom de système F.-G. Stoney, réduit considérablement les frictions ; il est appliqué à 90 des portes inférieures et aux 40 portes supérieures ; les 50 autres sont munies de simples galets comme les portes des autres barrages du Nil ; elles ne doivent manœuvrer que sous 3,30 m. d'eau.

Une fois en place, les portes s'appuient sur un cadre en fonte formé des deux rainures verticales dans lesquelles elles glissent, d'un linteau supérieur et d'un seuil inférieur.

Les rainures sont formées de cinq segments superposés, renforcés par des nervures ; elles garnissent les abouts du puits de manœuvre qui ont 1 mètre de largeur sur 1 mètre de profondeur. Les segments sont assemblés à joints étanches ; la face sur laquelle s'appuie la porte est planée avec soin et reçoit une plaque de roulement bien dressée, fixée de façon à pouvoir être renouvelée. Ces rainures sont garnies d'un écran incliné en acier, qui s'avance vers l'amont jusqu'à la face extérieure du cadre des rouleaux, et prévient ainsi la formation de remous dans les rainures lorsque les portes sont ouvertes ; en outre, cet arrangement de l'écran et des cadres des rouleaux permet, en tout temps, la visite et le nettoyage de ces appareils en aval de la porte.

Les seuils ont la même largeur que les rainures ; leur surface est horizontale sous la porte et ensuite inclinée de 0,15 m. vers l'aval.

Le linteau est formé d'un tambour creux en fonte, boulonné sur les rainures à 7 mètres de hauteur au-dessus du seuil; il présente un dispositif formant joint étanche avec la porte. A cet effet, une barre ronde, tournée, est placée dans la cavité du linteau horizontalement, et des ouvertures sont pratiquées dans la fonte, de façon à permettre à l'eau de la retenue de presser la barre contre une forte poutre planée en fonte, faisant corps avec la porte.

L'étanchéité est obtenue par un procédé analogue entre les portes et le fond des rainures. On a eu surtout pour but de prévenir ainsi les érosions provenant de fuites continuelles entre les surfaces en contact.

Les portes sont en acier avec bordage en tôle de 0,020 m. Elles sont calculées pour supporter les pressions maxima suivantes :

NOMBRE des pertuis.	DIMENSIONS	ALTITUDE des seuils.	PRESSION maxima totale.	OBSERVATIONS
	mètres.	mètres.	tonnes.	
65	7 × 2	87,50	300	
25	7 × 2	92,00	190	
50	7 × 2	92,00	190	Ces portes sont celles qui n'ont pas de rouleaux Stoney.
22	3,50 × 2	96,00	75	
18	3,50 × 2	100,00	50	

Chaque porte est suspendue par deux câbles d'acier, enroulés sur des poulies à cinq gorges, manœuvrés par deux hommes au moyen d'un treuil placé sur le couronnement de l'ouvrage, de telle sorte que le levage se fasse à raison de 0,05 m. par minute.

Des écrans métalliques, qui peuvent se dérouler devant la tête des pertuis et les masquer, permettent, en cas de besoin, les visites et les réparations de l'ouvrage en tout temps.

Les portes des écluses de navigation sont en acier, à un seul vantail; quand l'écluse est ouverte, ce vantail est logé dans une chambre latérale perpendiculaire à la direction de l'écluse (fig. 77). Un pont-levis, au-dessus de l'écluse, prolongé par un pont fixe au-dessus de la chambre latérale, porte deux files de rails. Sur ces rails roule un chariot muni d'un grand nombre de roues. Au chariot est suspendue la porte de l'écluse. Lorsque l'écluse est ouverte, le pont-levis est relevé verticalement et la porte est suspendue au chariot dans la chambre latérale. Quand on veut fermer l'écluse, le pont-levis est mis en place et le chariot portant le vantail est tiré au-dessus de l'écluse; le vantail est alors abaissé et s'appuie contre les chardonnets garnis d'acier et contre le seuil, en acier également. Des vannes sont disposées dans le bordage des portes pour le remplissage et la vidange du sas. Les manœuvres sont faites au moyen de l'eau sous pression.

D'après le contrat d'entreprise, les travaux de construction du barrage devaient être terminés en cinq ans comptés à partir du 1er juillet 1898.



Fig. 77. — Barrage d'Assouan : vue des écluses de navigation.

Grâce à l'activité des entrepreneurs et à des étiages exceptionnellement favorables, tout fut achevé en quatre campagnes.

Conformément aux clauses formelles du cahier des charges, toutes les parties de l'ouvrage furent construites à sec, dans de grandes enceintes formées au moyen de puissantes digues jetées en travers du fleuve. L'exécution

de ces digues rencontra d'assez grandes difficultés, en raison de la force du courant dans les bras qu'il s'agissait de barrer et qui présentent une dénivellation de 3 mètres sur 200 mètres.

L'année 1898 fut principalement consacrée à amener du matériel, à établir les voies ferrées, les bureaux, les ateliers et à commencer l'excavation sur la rive droite en dehors du lit du fleuve.

Dans la campagne suivante, de novembre 1898 à juillet 1899, pendant qu'on continuait les travaux sur ce point et qu'on y exécutait les maçonneries, on commença à barrer le Grand chenal, El Haroun et le Petit chenal. Il fallait d'abord arrêter le courant et diminuer le débit de ces trois bras. Pour cela, on construisit une jetée en pierres en aval de l'ouvrage, et assez loin pour qu'on pût intercaler une digue en terre entre les enrochements et la fondation du barrage.

Cette jetée fut montée jusqu'à la cote 93 mètres, soit 5 mètres au-dessous du niveau moyen des crues; elle fut formée de blocs de 1 à 4 tonnes entremêlés de pierres plus petites pour remplir les interstices. Une grue, pour les blocs, et des wagons, pour les moellons, étaient amenés par une voie ferrée à l'extrémité de la jetée en construction qu'on exécutait ainsi à l'avancement.

Les jetées barrant les trois bras formaient une ligne continue de 200 mètres de longueur sur laquelle pouvaient circuler les trains de matériaux.

La jetée du Grand chenal donna une différence de niveau de 2 mètres entre l'amont et l'aval, à son achèvement; le courant était si fort que des pierres de 2 tonnes étaient enlevées ; cette construction avait 60 mètres de longueur, une hauteur maxima de 19 mètres, une largeur de 9 mètres en couronne et des talus à 45° en aval et à 0,75 pour 1 en amont.

La jetée d'El Haroun ne présenta pas de difficultés, le courant n'étant pas très fort sur ce bras.

Quand on en arriva au Petit chenal, qui a 35 mètres de largeur, avec 8,50 m. de profondeur, le courant, reporté de ce côté par suite de la fermeture des deux autres bras, devint tellement violent que les blocs de 3 ou 4 tonnes n'y résistaient pas. On dut, pour avancer, lancer dans le courant deux wagons dans lesquels on avait solidement amarré, au moyen d'un réseau de barres en fer, un chargement de blocs de 2 à 3 tonnes; chacun de ces wagons pesait 35 tonnes.

La crue passa sur ces jetées; en novembre, on les répara et on commença la construction des digues étanches en amont du barrage. Ces digues furent constituées avec des sacs remplis de sable granitique, de seize au mètre cube, avec les dimensions suivantes : couronnement à la cote 93,50 m.; largeur au sommet, 5 mètres; talus aval à 45°; talus amont à 1,5 pour 1 porté

ensuite à 2 pour 1 par les sables et débris jetés sur le parement pour assurer l'étanchéité; hauteur maxima, 17 mètres. Elles purent supporter des charges de 10 mètres d'eau. Aussitôt ces digues achevées, le niveau, en aval des jetées d'enrochements, tomba à la cote 86 mètres et on n'eut que très peu de chose à faire pour les étancher avec de petits épaulements en sacs de sable.

Ces travaux préliminaires terminés, dans les premiers jours de janvier 1900, on épuisa, sans difficultés d'ailleurs. En même temps, profitant de la baisse exceptionnellement rapide du Nil, on barra également le chenal Central par les procédés déjà décrits, rejetant ainsi toutes les eaux du fleuve dans le chenal de l'Ouest et on poussa aussi activement que possible les travaux. Le roc solide, sans fissures, fut trouvé d'une façon générale plus bas qu'on ne s'y attendait; dans le Petit chenal, on dut descendre jusqu'à la cote 70,50 m.

A la fin de la campagne, l'eau coulait, dans les quatre bras qu'on avait entrepris, sur les fondations, au travers des pertuis déjà terminés sur une certaine hauteur.

Pendant la campagne 1901, on travailla sur le chenal de l'Ouest, comme on l'avait fait l'année précédente sur les quatre autres bras, et, en 1902, il ne restait plus à faire que les maçonneries supérieures, la pose des portes et des appareils de fermeture. Le creusement du canal de navigation de la rive gauche, et la construction des écluses marchaient parallèlement aux autres travaux et, en décembre 1902, on pouvait inaugurer le barrage dont l'achèvement avait demandé seulement quatre ans d'efforts, au lieu des cinq années primitivement prévues.

On reconnut, en cours d'exécution, qu'il faudrait construire une cinquième écluse, pour éviter certains rapides, en aval de l'entrée du canal navigable; ces travaux ont été commencés en 1903.

Pendant la période la plus active, c'est-à-dire dans la campagne de 1900, il y avait sur les chantiers une moyenne de 5 350 ouvriers dont 756 européens; ces derniers étaient surtout des tailleurs de pierres et des mineurs italiens; il y eut au maximum 8 550 ouvriers par jour, dans le mois de juin, dont 900 européens.

La dépense totale a été de 63 000 000 de francs environ, ce qui représente 61 francs pour 100 mètres cubes de capacité du réservoir. On a eu à exécuter 700 000 mètres cubes de déblais et 540 000 mètres cubes de maçonnerie.

Construit avec de beaux matériaux d'une chaude couleur rosée, grandiose par sa masse, encadré de rochers sombres aux contours tourmentés qui, d'un côté, plongent dans une vaste étendue d'eau tranquille et, de l'autre, dans des flots bouillonnants argentés d'écume, éclairé par une

lumière intense qui marque vigoureusement les saillies de la corniche et des contreforts et les rugosités des parements, cet ouvrage, malgré les



Fig. 78. — Vue d'ensemble du barrage d'Assouan, côté aval.

lignes un peu sèches du couronnement, présente une belle apparence de la calme solidité qui convient à la barrière élevée pour entraver dans sa course un grand fleuve (fig. 78).

Mais si, en le contemplant, on est amené naturellement à penser aux bienfaits qu'il apporte à l'agriculture d'Égypte, on ne peut s'empêcher de songer aux dangers qu'il fait courir à l'un des joyaux de l'ancienne

terre des Pharaons, l'île de Philœ. Noyés en partie par l'eau du réservoir pendant plusieurs mois de l'année, les monuments qui embellissent ce lieu célèbre se trouvent aujourd'hui dans des conditions toutes nouvelles, qui affectent leur stabilité et leur conservation. Des travaux importants de consolidation ont été faits, toutes les mesures ont été prises pour défendre, autant qu'il est humainement possible, ces vieux temples contre l'action des eaux : le temps montrera si ces précautions auront été efficaces et dans quelle mesure. Quoi qu'il en soit, c'est toujours avec une certaine mélancolie qu'on constate une fois de plus que, ici comme ailleurs, le progrès, dans sa marche irrésistible en avant, emporte souvent avec lui quelque intéressante relique des temps passés, et qu'on se rappelle la parole toujours vraie du poète : Ceci tuera cela.

OUVRAGES DE PRISE ET OUVRAGES RÉGULATEURS

Les ouvrages régulateurs, qu'ils soient construits sur des canaux d'irrigation permanente ou d'irrigation temporaire pendant la crue, ou sur des canaux d'inondation, ou entre des bassins d'inondation, sont des ponts en maçonnerie, qui sont formés d'arches ayant en général 3 mètres d'ouverture, et qui sont fondés sur des radiers établis de façon à résister à la sous-pression produite par la retenue, et à l'action des chutes d'eau résultant de la réglementation des niveaux en amont et en aval. Ces ouvrages sont fermés ou par des poutres verticales appuyées sur un châssis de charpente fixé en travers des arches, ou par des poutrelles horizontales glissant dans des rainures ménagées aux avant-becs des piles, ou par des vannes métalliques. Les manœuvres de levage ou de mise en place des appareils de fermeture se font du haut de la chaussée supérieure de l'ouvrage ou du haut de passerelles en bois supportées sur les avant-becs des piles.

Les ouvrages de prise des canaux sont disposés d'après les mêmes principes ; exceptionnellement, dans les plus importants, on donne 5 mètres d'ouverture aux arches au lieu de 3 mètres; elles sont alors le plus ordinairement fermées par des vannes métalliques.

Tous ces ouvrages sont fondés sur le sol d'alluvion de la vallée du Nil, c'est-à-dire sur du limon plus ou moins argileux, ou sur du sable plus ou moins mélangé de limon, parfois sur du sable pur et même du gravier dans la Haute Égypte, plus rarement sur du sable très fin et fluent.

Quelques exemples montreront les dispositions généralement adoptées.

Prise du canal Ibrahimieh. — Cet ouvrage est composé de neuf arches de 5 mètres d'ouverture et d'une écluse de navigation de 50 mètres de longueur sur 9 mètres de largeur. Les dispositions du radier, des maçonneries

en élévation et des vannes de fermeture sont exactement semblables à celles du barrage du Nil à Assiout[1].

Cet ouvrage est fait pour supporter une charge d'eau de 3 à 4 mètres. Son radier a 3 mètres d'épaisseur et 26,50 m. de largeur ; il est compris entre deux files de pieux en fonte jointifs, enfoncés à 4 mètres de profondeur ; il est protégé en amont par un corroi d'argile et, en amont comme en aval, par des enrochements sur 20 mètres de largeur.

Il vient d'être terminé.

Prise du rayah Tewfikieh. — Cet ouvrage a été achevé en 1888; il est placé en tête du grand canal qui arrose les provinces de l'est du Delta[2]. Il a coûté 1 560 000 francs.

Il se compose de six arches de 5 mètres d'ouverture et d'une écluse de navigation de 50 mètres de longueur sur 8,50 m. de largeur. Il produit une retenue maxima de 4 mètres. La superstructure et les appareils de fermeture sont à peu près semblables à ceux du barrage du Delta. Quant au radier, il est fondé sur un sol de sable très léger qui, pendant la construction, donnait passage à des sources nombreuses et très abondantes. Il est en maçonnerie de ciment; il a 24 mètres de largeur et 2,50 m. d'épaisseur, avec un avant-radier maçonné de 22 mètres de largeur et de 1,50 m. d'épaisseur, et un arrière-radier, également maçonné, de 10 mètres de largeur et de 1,50 m. d'épaisseur; il est protégé en amont et en aval par de forts enrochements.

Les piles et les culées sont fondées sur des puits en briques ayant 2,50 m. de diamètre extérieur, descendus jusqu'à 5,50 m. au-dessous du plafond du canal; l'enfoncement était obtenu en draguant intérieurement; les puits, arrivés à profondeur, étaient remplis de béton. A 14 mètres du bord amont et à 7,50 m. du bord aval du radier, sous l'avant et l'arrière-radier, est disposée, dans toute la longueur de l'ouvrage, une ligne de puits rectangulaires ayant extérieurement 2,50 m. sur 4,50 m. et laissant entre eux un intervalle vide de 0,30 m. de largeur rempli ensuite avec du béton coulé entre deux files de palplanches. Les puits sont enfoncés à 6 mètres de profondeur au-dessous du plafond du canal et forment ainsi deux forts murs continus imperméables en amont et en aval de l'ouvrage.

Ouvrage de prise du canal Sohaghieh. — Le Sohaghieh est un grand canal d'inondation de la Haute Égypte[3]. Son ouvrage de prise se compose de vingt et une arches en plein cintre de 3 mètres d'ouverture. Il date de la première moitié du siècle dernier.

[1] Voir page 308.
[2] Voir page 149.
[3] Voir page 84.

Le radier a 40 mètres de largeur sur 2 mètres d'épaisseur; il est en béton avec revêtement de deux lits de briques superposées de champ; c'est le mode de construction le plus généralement employé pour les ouvrages

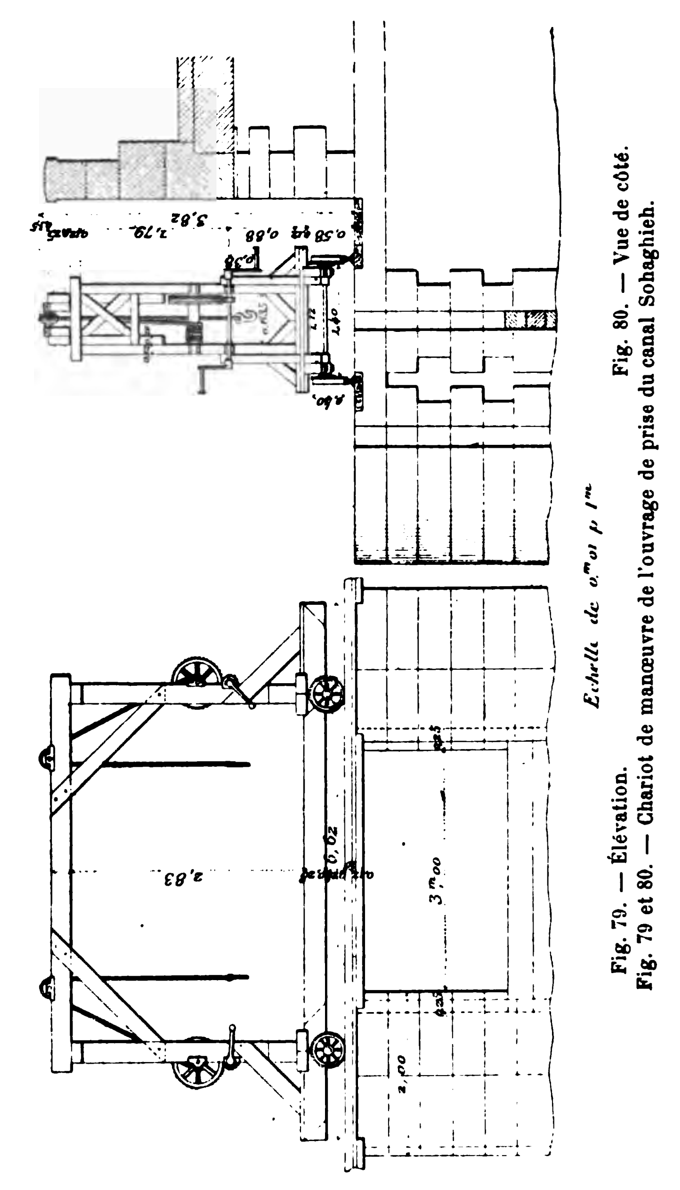
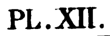


Fig. 79. — Élévation. Fig. 80. — Vue de côté.
Fig. 79 et 80. — Chariot de manœuvre de l'ouvrage de prise du canal Sohaghieh.

analogues. Des enrochements en moellons forment arrière-radier en aval et protègent le massif de maçonnerie contre les affouillements.

La superstructure de l'ouvrage est en briques, sauf les arêtes, les bahuts, les rainures, qui sont en pierres de taille.

Les piles ont 2 mètres d'épaisseur, leur hauteur totale est de 5,69 m. entre le niveau du radier et la naissance des voûtes, qui, de même que le



PONT RÉGULA

avec éclu

sur le R

Echelle

Fig. 3 _lle

Fig. 5 _ Elévation aval

dessus des piles en amont, est à 0,10 m. au-dessus des plus hautes eaux du Nil. La surface du radier est à 3,50 m. au-dessus des plus basses eaux ; le lit du canal est à sec tant que la crue n'a pas atteint cette hauteur.

Les arches sont fermées au moyen de poutrelles horizontales glissant dans des rainures de 0,30 m. de largeur ménagées dans les avant-becs des piles. Les poutrelles ont 0,25 m. d'équarrissage ; elles sont manœuvrées au moyen d'un chariot en charpente, muni de palans, qui se déplace tout le long du pont en roulant sur des rails portés par des longrines qui reposent sur les avant-becs des piles (fig. 79 et 80.)

Ouvrage régulateur avec écluse à Sanaytah sur le rayah Tewfikieh. — Cet ouvrage a été terminé en 1899. Il a coûté 470 000 francs (pl. XII). Il se compose de sept arches de 3 mètres d'ouverture et d'une écluse navigable de 8 mètres de largeur sur 50 mètres de longueur.

La charge normale qu'il a à supporter est de 1 mètre au maximum ; mais, accidentellement et pendant les rotations, il peut avoir à subir une charge de 3 mètres d'eau ; la profondeur d'eau maxima est de 5 mètres.

Le radier a 16,50 m. de largeur et 2,10 m. d'épaisseur ; il est composé d'une couche de béton de 1,10 m. qui repose sur le sol de fondation, d'un lit de briques de 0,60 m. et d'une assise de pierres de taille de 0,50 m. Il est protégé en amont par un avant-radier en maçonnerie de moellons de 4,50 m. de largeur et d'une épaisseur variant de 1 mètre à 0,50 m. ; un arrière-radier de construction analogue, mais de 11,50 m. de largeur, est établi en aval. Le tout est défendu par des enrochements.

Les piles ont 1,25 m. d'épaisseur, 10,50 m. de longueur à la base, 9,50 m. à la naissance des voûtes et 4,90 m. de hauteur ; elles sont en maçonnerie de briques, les arêtes et rainures en pierres de taille.

Le pont supérieur est supporté par des voûtes de briques en arc de cercle ; il a 5,50 m. de largeur hors œuvre.

Les appareils de fermeture sont formés par deux vannes en acier laminé, qui se placent l'une au-dessus de l'autre et qui sont du même type que celles des barrages du Nil (pl. X) ; elles sont manœuvrées du pont supérieur au moyen d'un treuil roulant sur des rails supportés au moyen de longrines par les avant-becs des piles.

Les portes des écluses, comme d'ailleurs toutes celles qui ont été construites en Égypte, sont métalliques.

Ouvrage régulateur sur un canal d'irrigation permanente non navigable. — L'ouvrage représenté sur les figures 81 à 86 est construit sur le canal Sabakah, à Balansourah, dans la Moyenne Égypte. Il se compose de trois arches de 3 mètres avec piles de 1 mètre ; il se ferme au moyen de poutrelles. Le radier a 12 mètres de largeur sur 1 mètre d'épaisseur et est protégé en

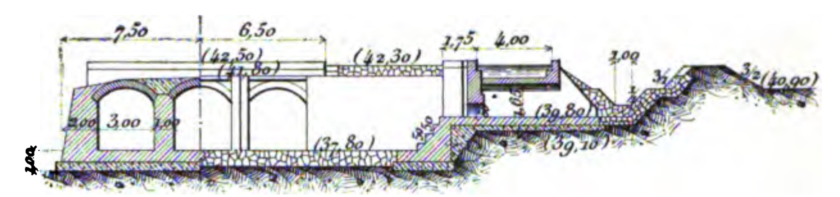


Fig. 81. — Coupe transversale. Fig. 82. — Élévation aval et coupe AB.

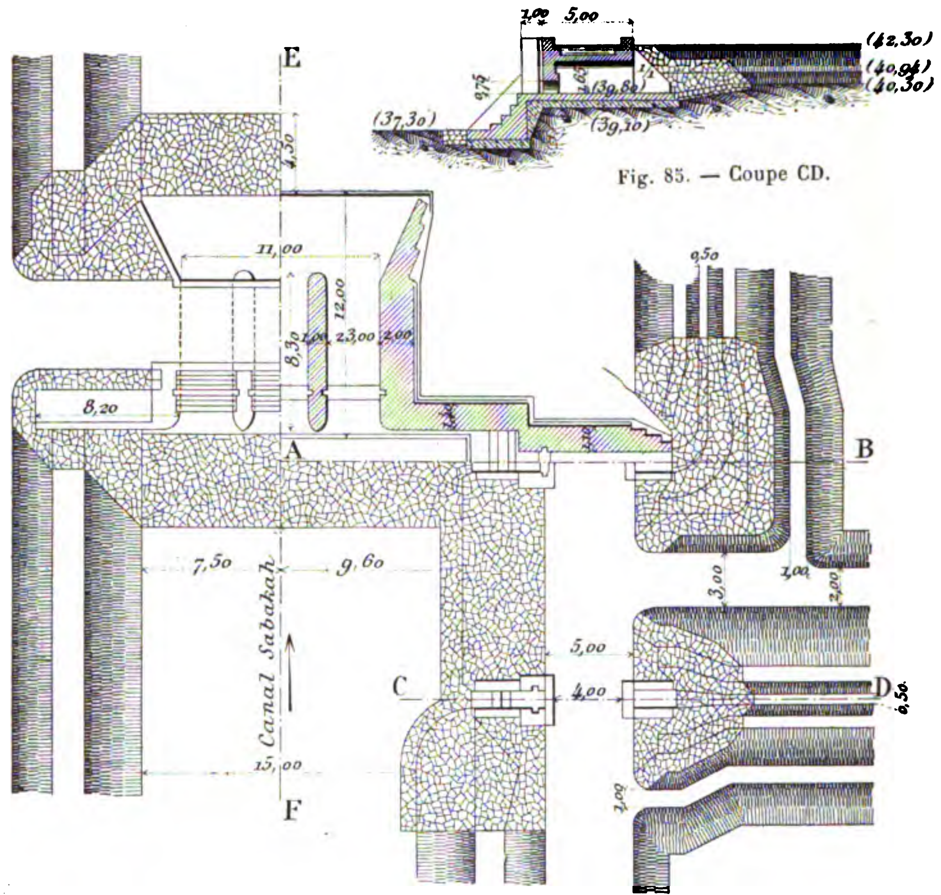


Fig. 85. — Coupe CD.

Fig. 83. — Plan. Fig. 84. — Coupe horizontale.

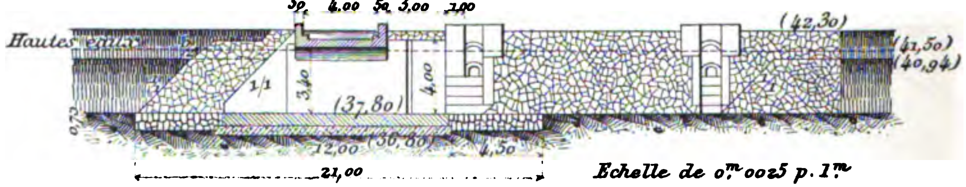
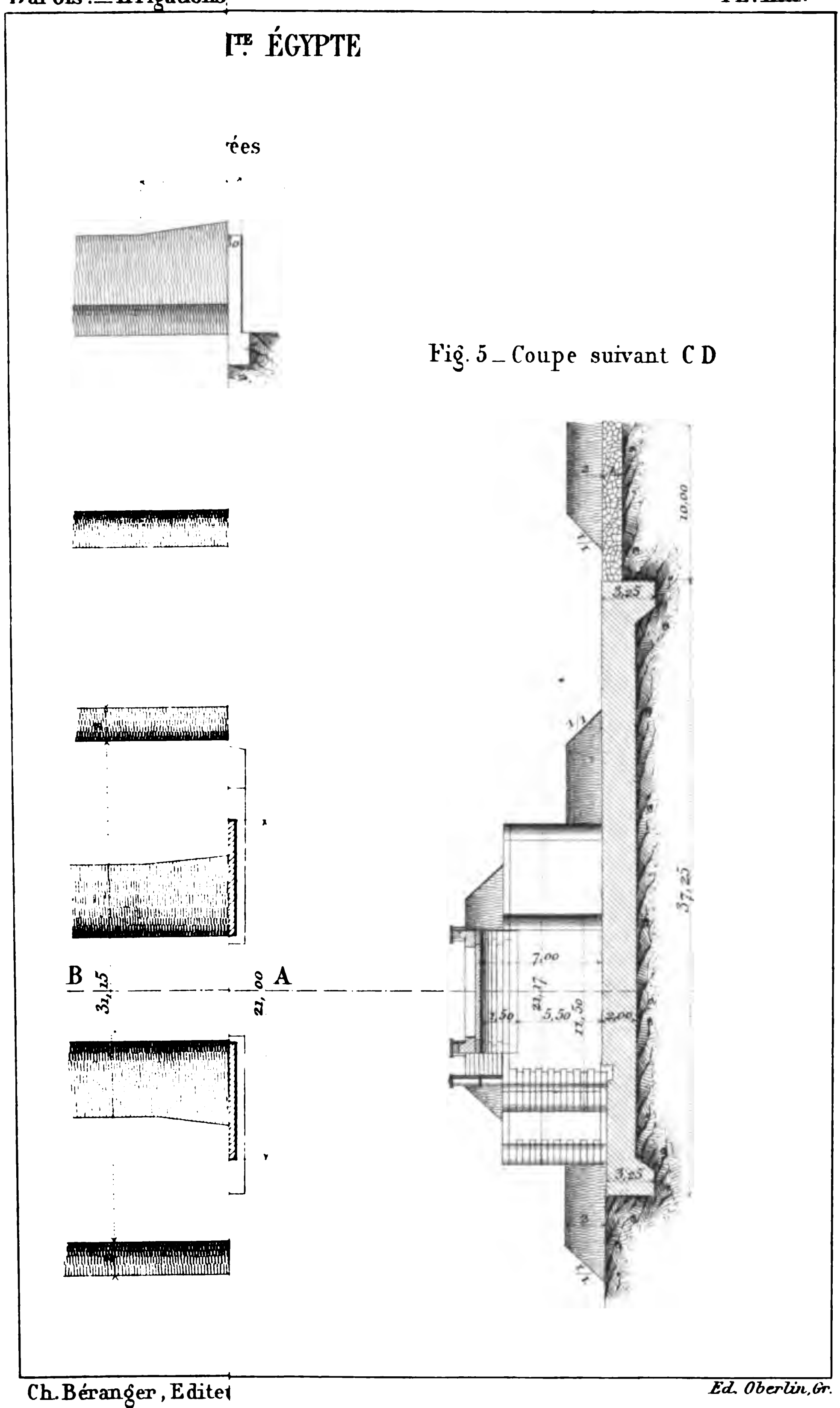


Fig. 86. — Coupe verticale EF.

Fig. 81 à 86. — Pont régulateur de Balansourah, 'sur le canal Sabakah, avec prises d'eau de distribution.

amont et en aval par des enrochements. La profondeur maxima de l'eau dans le canal est 3,50 m.


I^TE ÉGYPTE
ées
Fig. 5 – Coupe suivant CD
10,00
3,25
37,25
7,00
21,17
2,50
5,50
11,50
2,00
B
31,25
21,00
A

Ouvrages régulateurs des bassins d'inondation. — La planche XIII reproduit un type de régulateur établi dans une digue transversale d'un bassin. Ce qui caractérise les ouvrages de cette nature, c'est qu'ils travaillent ordinairement avec des profondeurs d'eau de 4 à 5 mètres en amont, sous une chute normale de 1 mètre environ, et avec un débit moyen de 8 mètres cubes par seconde et par mètre linéaire de débouché. Toutefois ils peuvent accidentellement être soumis à de fortes pressions et à des courants violents, dans le cas où le bassin inférieur, par suite d'une rupture de digue ou d'une fausse manœuvre, se vide brusquement.

Ces ouvrages ont généralement des arches de 3 mètres d'ouverture avec piles de 2 mètres de largeur et de 11 à 12 mètres de longueur. Ils sont construits sur radier maçonné de 2 mètres d'épaisseur et de 40 mètres de largeur, en béton hydraulique, recouvert de briques avec chaînes de pierres de taille. Des parafouilles sont établis en amont et en aval, et un arrière radier en enrochements, en aval.

La superstructure de ces ouvrages est en briques avec arêtes, rainures et parapets en pierre de taille. Le mortier employé est un mélange de sable, de chaux grasse et de brique pilée formant pouzzolane artificielle.

La fermeture des arches est obtenue le plus souvent au moyen d'aiguilles verticales appuyées sur des poutres transversales, qui sont espacées de 1 mètre à 1,50 m. et qui sont maintenues par un cadre en charpente fixé dans des rainures ménagées aux avant-becs des piles. Ces aiguilles sont manœuvrées du pont supérieur au moyen de chèvres et de palans ou au moyen de forts leviers qui prennent leur point d'appui sur le parapet (pl. XIII, fig. 1).

Dans les ouvrages établis récemment, on emploie plutôt des poutrelles horizontales, mises en place et relevées au moyen de treuils roulants en charpente analogues à celui qui est représenté figures 79 et 80.

La difficulté, dans ces sortes d'ouvrages, est de préserver le talus aval de la digue des affouillements produits par les remous latéraux de l'eau pénétrant dans le bassin. Autrefois, on perreyait ce talus sur 50 mètres au moins de longueur; mais, néanmoins, il est arrivé souvent que les culées ont été contournées par les eaux et que les ouvrages ont été ruinés.

Pour éviter de semblables inconvénients, le major Ross, inspecteur général des irrigations, lorsqu'il s'est occupé d'améliorer les bassins, en 1888, a conseillé l'adoption des règles générales suivantes :

La largeur du radier, depuis les rainures des poutrelles de fermeture jusqu'à l'extrémité aval de l'arrière-bec des piles, est déterminée par la largeur de la digue au travers de laquelle est construit l'ouvrage; cette largeur est d'environ 9 mètres en moyenne. En aval de ce point, le radier aura une largeur de 17 à 20 mètres avec une inclinaison de surface d'un dixième.

L'arête latérale du radier sera à 1 mètre en arrière de la fondation du mur en aile. Sur le côté du radier, on établira un épi perpendiculaire à la direction de l'ouvrage ayant une hauteur égale à la moitié de la profondeur normale de l'eau dans le bassin aval, et ayant une pente superficielle d'un dixième. Cet épi peut être fait de différentes manières. Il sera, par exemple, un mur en maçonnerie de 1,50 mètres à 2 m. de hauteur, fondé sur le bord du radier, ou un massif d'enrochements perreyé, ou un noyau en terre recouvert d'un perré maçonné à la base. A l'extrémité du radier, ainsi défendu latéralement et protégé à son extrémité par de forts enrochements nivelés avec une pente superficielle d'au moins un dixième, les affouillements qui peuvent se produire accidentellement sont sans danger pour l'ouvrage et pour les digues.

Ouvrages régulateurs de canaux d'inondation. — La planche XIV donne deux types de ces régulateurs, sur lesquels il y a peu de choses à dire. Ces ouvrages fonctionnent normalement, comme ceux des bassins, avec de grandes profondeurs d'eau et une chute maxima de 1 mètre.

L'ouvrage représenté, figures 1 à 5, a deux arches de 3 mètres d'ouverture; les piles ont 1 mètre d'épaisseur, 9,50 m. de longueur à la base et 7,50 m. au sommet; elles supportent des voûtes en arcs surbaissés, construits en briques. Le radier a 17,50 m. de largeur; il est formé d'une couche de béton hydraulique de 0,50 m. surmontée d'un lit de 0,50 m. de maçonnerie de moellons, le tout construit avec mortier de chaux grasse et de pouzzolane artificielle. Des enrochements sur 10 mètres en aval et 5 mètres en amont protègent les abords du radier.

Cet ouvrage fonctionne avec 4 mètres de profondeur d'eau en amont. La fermeture est obtenue au moyen de poutrelles glissant dans des rainures en fonte ménagées dans les avant-becs des piles.

La section en travers donnée par la figure 6 se rapporte à un ouvrage plus important fonctionnant avec 6 mètres de hauteur d'eau. Le radier a 26,80 m. de largeur et 2 mètres d'épaisseur; il est revêtu par un dallage en pierres de taille; il est protégé, en aval, par quatre lignes de blocs artificiels de béton de 2,25 m. $\times$ 1 mètre $\times$ 1 mètre et par de forts enrochements. On le ferme au moyen de vannes métalliques superposées, du type adopté pour les barrages du Nil, glissant dans des rainures en fonte.

Appareils de fermeture des ouvrages régulateurs. — Le système le plus fréquemment employé en Égypte est celui des aiguilles verticales appuyées sur des traverses horizontales espacées de 1 mètre à 1,50 m. Dans les anciennes installations, les poutres horizontales ont des dimensions énormes : 0,30 m. $\times$ 0,30 m. et sont maintenues en place par des pièces

ANAUX D'ALIMENTATION
TION

m)

(Fig. 1 à 5)

'ig. 2 _ Coupe suivant A.B.

sus)

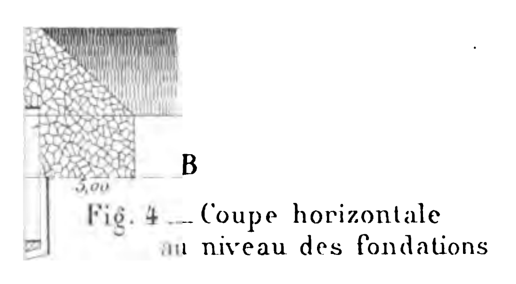
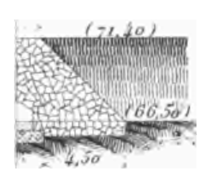
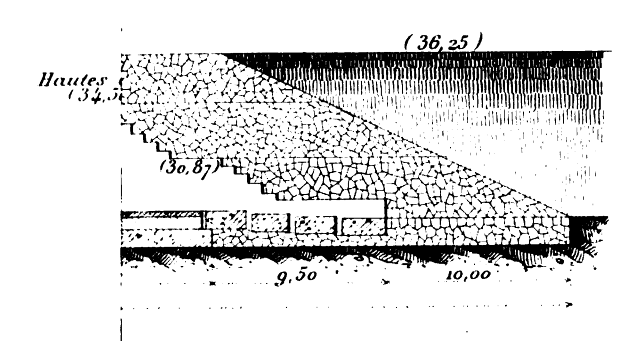


Fig. 4 _ Coupe horizontale au niveau des fondations

le



ensions
ale



verticales encastrées dans des rainures en pierre de taille de même section; les aiguilles qu'on appuie sur ces traverses ont jusqu'à 7 mètres de longueur, avec une section de 0,25 m. sur 0,30 m. Ce sont des poids très lourds ; il faut beaucoup d'hommes pour les manœuvrer. En outre, ces longues pièces de bois se courbent et se tordent et ne peuvent guère donner des fermetures bien étanches. Parfois les traverses horizontales et les pièces verticales encastrées dans la rainure sont reliées ensemble, de façon à former un châssis qu'on peut sortir tout entier, à un moment donné, pour augmenter le débouché de l'ouvrage. Beaucoup de régulateurs importants sont encore fermés au moyen d'aiguilles. Dans ces derniers temps, on a amélioré ce système en diminuant la section des aiguilles, en remplaçant les traverses en bois par des traverses en fer à I qui diminuent moins la section des arches, en établissant des treuils roulants pour les manœuvres. Néanmoins, dans tous les ouvrages neufs ou à réparer, on remplace aujourd'hui les aiguilles par des poutrelles horizontales. A cet effet, on garnit les rainures des piles d'un revêtement en fonte, qui empêche la dégradation des maçonneries sous l'action du glissement ou du choc des pièces de bois. Ce procédé donne une fermeture plus étanche, et les poutrelles, étant moins longues et moins lourdes que les aiguilles, se mettent en place ou s'enlèvent plus facilement au moyen des treuils roulants. Enfin, dans les ouvrages neufs importants comportant un grand nombre d'arches, les appareils de fermeture sont toujours les vannes métalliques dont le système a été employé pour la première fois au barrage du Delta; elles sont plus rapides et plus faciles à manœuvrer, présentent beaucoup plus de sécurité et de précision pour la réglementation des eaux et n'exigent pas autant de personnel.

DÉVERSOIRS, SIPHONS, OUVRAGES DIVERS

Déversoirs. — Dans les bassins d'inondation, ces ouvrages sont destinés à rejeter dans le Nil ou dans des chenaux d'évacuation les eaux surabondantes ou les eaux de vidange. Tantôt ils fonctionnent avec une faible chute et dans une grande profondeur d'eau, 4 à 6 mètres en moyenne; tantôt, notamment quand le Nil a beaucoup baissé au moment de la vidange, la dénivellation peut être très forte et le courant très violent.

Dans le réseau des canaux d'irrigation permanente, des déversoirs sont aussi ménagés en certains points, pour écouler dans le Nil ou dans les drains l'excédent d'eau non utilisée pour les irrigations.

Ces ouvrages ne sont autre chose que des ouvrages régulateurs, dont le radier est plus fortement protégé à l'aval contre les érosions que pourrait y produire la violence du courant. Il y en a quelques-uns, dans la

région des bassins, qui sont très importants[1]; ainsi celui d'Aboutig qui dessert la plus grande partie de la chaîne des bassins du Sohaghieh, au sud d'Assiout, et celui de Kocheicha, qui est situé en aval de la chaîne des bassins de la région du Bahr Yousef et de l'Ibrahimieh, au nord d'Assiout.

Déversoir de Kocheicha. — Cet ouvrage, situé dans la partie aval du bassin de Kocheicha, est destiné à évacuer dans le Nil, sous une charge qui peut varier de quelques centimètres jusqu'à près de 5 mètres, suivant les niveaux respectifs du bassin et du fleuve, 2000 millions de mètres cubes d'eau en vingt jours, dans une année de forte crue, et 1500 millions de mètres cubes en dix jours, dans une année de basse crue, ce qui correspond à un débit moyen de 120 et 175 mètres cubes par seconde.

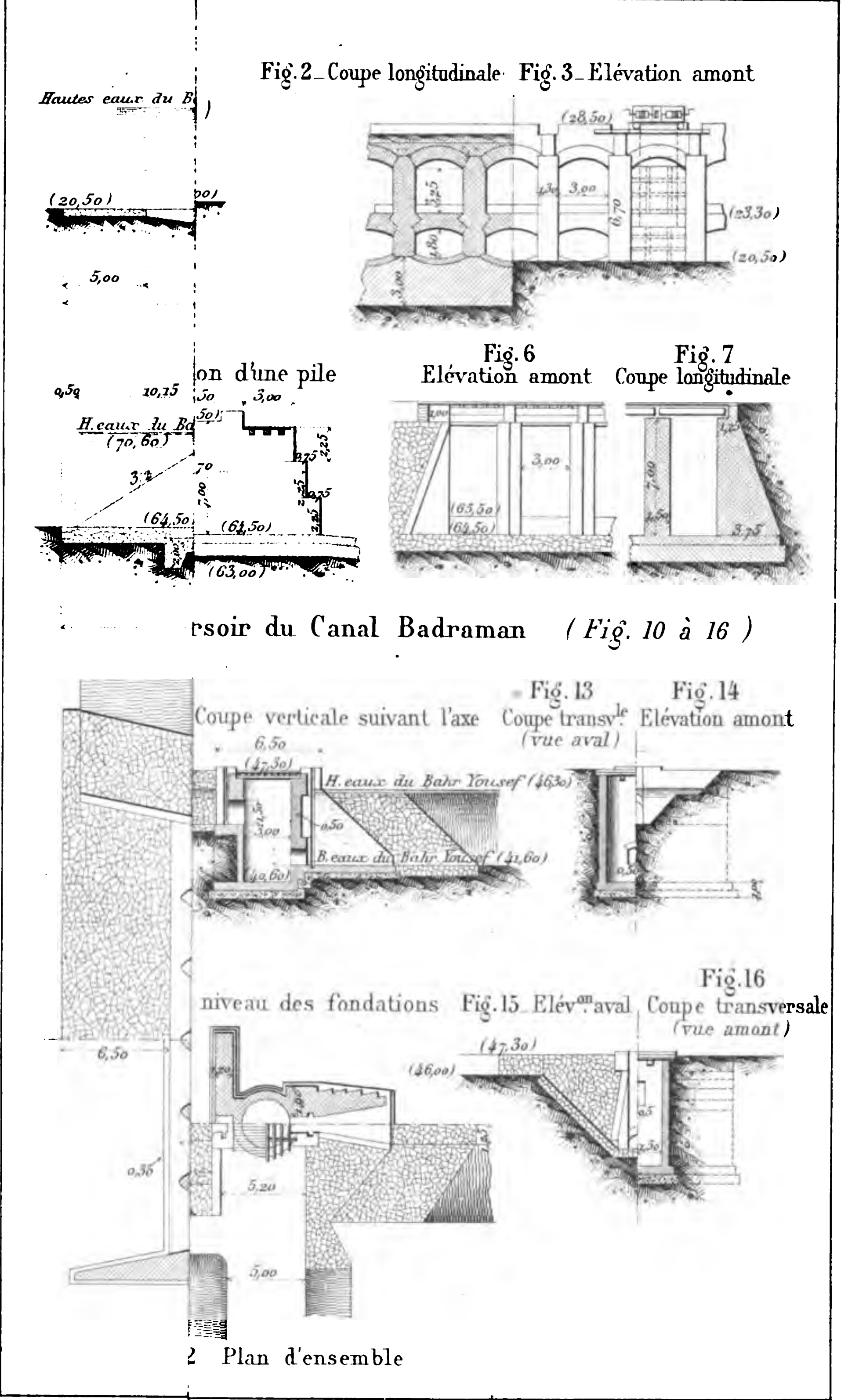
Le déversoir de Kocheicha a été construit en 1890-91; il a coûté 1630000 francs. (pl. XV, fig. 1, 2 et 3.)

Il se compose de 60 arches de 3 mètres d'ouverture supportées par des piles de 1,30 m. d'épaisseur, de 12,50 m. de longueur à la base et de 6,50 m. de hauteur, construites en briques et pierres de taille

L'ouvrage est fondé sur un sol de limon argileux au-dessous du niveau des basses eaux du Nil. Le radier comprend une partie centrale de 13 mètres de largeur sur 2,75 m. de hauteur, un avant-radier de 10 mètres de largeur et de 1 mètre d'épaisseur, un arrière-radier de 12 mètres de largeur sur 2 mètres d'épaisseur avec pente superficielle de 1 sur 26; le tout en maçonnerie hydraulique, avec revêtement d'une couche de maçonnerie ordinaire de ciment sur l'avant et l'arrière-radier et d'un lit de pierre de taille avec mortier de ciment sur la partie centrale. Une ligne de pieux est enfoncée jusqu'à 4 mètres de profondeur, à 2 mètres du rebord extérieur de l'arrière-radier; celui-ci est protégé par quatre files de blocs artificiels de 2 mètres $\times$ 2 mètres $\times$ 1 mètre, retenues elles-mêmes par une file de pieux enfoncés à 6 mètres de profondeur et par un massif d'enrochements de 1 mètre d'épaisseur sur 20 mètres de largeur ayant une pente superficielle de 1 sur 40.

Les piles sont reliées par deux arcs superposés formant ainsi deux orifices d'écoulement dans chaque arche. L'ouverture inférieure a une section de 5,80 m^2; elle est fermée par une porte en tôle de fer élevée et abaissée au moyen de treuils roulant sur des rails, qui reposent eux-mêmes sur des longrines portées par des piliers construits sur les avant-becs des piles. L'ouverture supérieure a 8,68 m^2 de section; elle est fermée par une porte en tôle à bascule, tournant autour d'un axe horizontal situé à sa partie inférieure; cette porte est maintenue verticalement par des chaînes et tombe

[1] Voir page 101.



Ch. Béranger, Ed. Imp. Monrocq. Ed. Oberlin, Gr.

d'un seul coup, au moyen d'un déclanchement, sur la plate-forme horizontale qui surmonte l'arc inférieur.

Quand le Nil commence à monter, on ferme les portes supérieures et on ouvre les portes inférieures; l'eau entre alors dans le bassin de Kocheicha à contre-pente, jusqu'au moment où l'alimentation, venant des bassins situés en amont, est assez abondante pour produire un retour d'eau au fleuve par le déversoir. On ferme alors complètement les portes inférieures, qu'on manœuvre ensuite, s'il y a lieu, dans de certaines limites, pour régler les niveaux dans la chaîne des bassins. Lorsque le moment de la vidange est venu, toutes les portes sont fermées; on ouvre d'abord toutes les portes supérieures et, deux ou trois jours après, toutes les portes inférieures pour augmenter le débit. Souvent, il n'y a que quelques centimètres de différence entre le niveau du Nil et celui du bassin au moment où commence cette opération.

Avec une différence de niveau de 1 mètre, la vitesse dans les ouvertures inférieures est de 3,10 m. par seconde; avec 4 mètres de charge, elle atteint 6,20 m. par seconde.

Le déversoir de Kocheicha est tout à fait exceptionnel par sa grandeur et par l'importance de son rôle[1]; en général, les déversoirs des bassins ne comportent qu'un petit nombre d'arches et sont fermés par le système ordinaire des aiguilles ou des poutrelles.

Déversoir du bassin Hamed. — Cet ouvrage est situé sur la rive droite du Nil, un peu au nord de Keneh, à l'extrémité aval d'une chaîne assez importante de bassins. Il remplace un déversoir qui s'était effondré en novembre 1900, au moment où on l'ouvrait, avec une rapidité imprudente, sous une charge d'eau de 4,88 m., le radier étant à sec en aval à la suite d'une forte baisse du Nil. Il sert en même temps pour le passage du chemin de fer et du public (pl XV, fig. 4 à 9.). Il se compose de six ouvertures de 3 mètres de largeur fermées au moyen de poutrelles glissant dans des rainures en fonte. Les piles ont 16,60 m. de longueur à la base et 1,50 m. d'épaisseur; elles sont en briques et pierres de taille; elles supportent un tablier métallique pour la voie ferrée, et deux passerelles, l'une pour le public et l'autre pour la manœuvre des poutrelles.

Le radier a 1,50 m. d'épaisseur sur 26 mètres de largeur, avec parafouilles de 2,50 m. en amont et de 2 mètres en aval; il est formé d'une couche de béton hydraulique de 1 mètre d'épaisseur et d'un revêtement en briques de 0,50 m. avec chaînes en pierres de taille; à l'aval des piles, sa surface présente une inclinaison de 1 sur 10; à l'aplomb des poutrelles, existe un seuil formant saillie de 1 mètre. Ce radier est prolongé en aval

[1] Voir pages 99 et suivantes sur le rôle du déversoir de Kocheicha.

par un arrière-radier de 0,75 m. d'épaisseur sur 10 mètres de largeur soutenu par un parafouille de 1,50 m. de hauteur et par une file de palplanches enfoncées à 7,60 m. au-dessous du radier. Cet arrière-radier est formé d'une couche de béton et d'un lit de briques.

L'arrière-radier est protégé lui-même par onze rangées de blocs de béton de 2 mètres × 1,50 m. × 0,75 m. reposant sur des enrochements et par une douzième rangée de blocs de 2,30 m. × 2 mètres × 0,75 m.

Les murs en aile s'étendent, des deux côtés du chenal d'évacuation, sur 20 mètres de longueur en aval du parement des culées, et, à la suite, des perrés à pierres sèches sont construits sur 20 mètres de longueur, jusqu'au droit de la dernière ligne des blocs artificiels.

Cet ouvrage a à supporter des charges qui peuvent atteindre une hauteur de 5 mètres, le radier n'étant alors noyé que de 0,50 m. et, quand il est ouvert dans ces conditions, il est naturellement soumis à l'action de courants d'une extrême violence.

Petit déversoir d'un canal d'irrigation permanente. — Les figures 10 à 16 de la planche XV représentent un petit déversoir récemment construit dans les bassins transformés de la Moyenne Égypte et ayant pour objet d'écouler dans le Bahr Yousef le trop-plein des eaux du canal Badraman. Il y a une différence de niveau de 2,40 m. entre le plafond du canal d'amenée et le plafond du canal de fuite, qui ont tous deux 2 mètres de largeur. L'ouvrage se compose d'un puits en briques de 3 mètres de diamètre intérieur et de 6,70 m. de hauteur. Le fond de ce puits est à 1 mètre au-dessous du plafond du canal de fuite. L'eau pénètre dans le puits par une ouverture de 1 mètre de largeur et de 1,50 m. de hauteur, pouvant être fermée par une vanne en tôle, et dont le seuil est au niveau du plafond du canal d'amenée. Elle s'en échappe par une autre ouverture de 1 mètre sur 1 mètre, dont le seuil est au niveau du plafond du canal de fuite et qui peut également être fermée par une vanne métallique, lorsque le niveau du Bahr Yousef est trop élevé pour que le déversement puisse s'y faire.

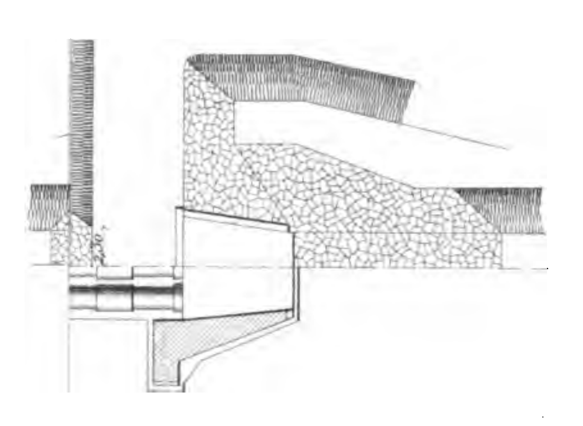
Beaucoup de petits déversoirs ou ouvrages de chute de cette nature, avec puits de 1 mètre de diamètre, existent sur les canaux à forte pente du Fayoum.

Siphons. — De nombreux siphons se rencontrent, aussi bien dans le réseau des canaux d'irrigation permanente, que dans le réseau des canaux d'inondation de la Haute Égypte. Dans le premier cas, ils ont surtout pour but de faire traverser les canaux d'irrigation par les lignes de drainage. Dans le second cas, ils servent principalement à amener les eaux des canaux d'alimentation d'une chaîne de bassins sur les terres hautes de la chaîne

.H

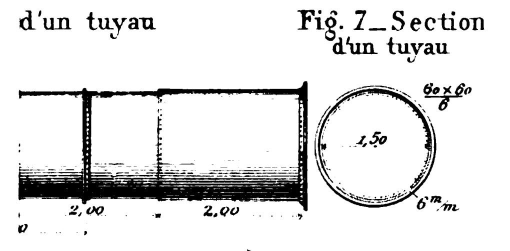
Drain Mouhit

Niveau du terrain
Hautes eaux (40,00)
(38,40)
(41,00)
(38,40)
(36,14)
8,00
6,50
5,00
6,20



d'un tuyau

Fig. 7_Section d'un tuyau



aval en leur faisant franchir les biefs supérieurs des canaux d'alimentation de cette dernière chaîne [1].

Ces ouvrages sont ordinairement construits, aujourd'hui, avec des tuyaux en tôle ; l'exécution en est facile et rapide. Toutefois, il existe de nombreux exemples de siphons entièrement en maçonnerie.

Siphon sous le canal Sabakah (pl. XVI). — Ce siphon sert à faire passer les eaux du drain principal Mouhit sous le canal Sabakah, qui arrose, dans la province de Minieh, d'anciens bassins récemment supprimés. [2]

Les dispositions de cet ouvrage sont très simples. Il se compose de trois tuyaux en tôle posés côte à côte sur un lit de béton. Ces tuyaux ont 1,50 m. de diamètre et 0,006 m. d'épaisseur ; ils sont formés par bouts de 2 mètres de longueur, ayant alternativement 1,50 m. et 1,512 m. de diamètre de façon à pouvoir s'emboîter l'un dans l'autre ; ces bouts sont assemblés au moyen de rivets ; ils sont renforcés en leur milieu par un cercle en cornière de $\frac{60 \times 60}{6}$.

Les extrémités des tuyaux sont encastrées dans les murs de tête de l'ouvrage, qui a une longueur totale de 42,30 m. d'une tête à l'autre.

Le plafond et les talus du canal Sabakah, qui passe au-dessus du siphon, sont entièrement perreyés sur 12 mètres de longueur.

Siphon sous le canal Sohaghieh. (fig. 87). — Cet ouvrage porte les eaux

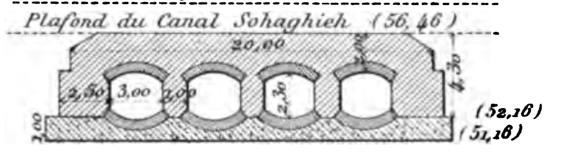


Fig. 87. — Coupe du siphon du canal Guirgaouieh.

du canal d'inondation Guirgaouieh sous le canal Sohagieh, pour inonder ou arroser les terres hautes situées au nord de Sohag [3].

Il a 117,50 m. de longueur et comprend quatre ouvertures de 3 mètres de largeur sur 2,30 m. de hauteur, séparées par des piliers de 1 mètre d'épaisseur ; les culées ont 2,50 m. d'épaisseur. Les ouvertures sont couvertes par des voûtes et leur radier est en forme de voûtes renversées ; voûtes et piliers sont en briques ; le tout repose sur un lit de béton de 1 mètre d'épaisseur et est chargé par un massif de maçonnerie de 2 mètres d'épais-

[1] Voir pages 57 et suivantes.
[2] Voir fig. 46, p. 232.
[3] Voir pages 84 et suivantes.

seur, dont la surface forme le plafond même du canal Sohaghieh qui passe au-dessus.

Pendant une année de très basse crue, en octobre 1899, le canal Sohaghieh était très bas et au contraire le canal Guirgaouieh donnait le plus d'eau possible pour arroser les terres hautes situées en aval, de sorte qu'il se produisit une sous-pression de 3,08 m. d'eau sous les voûtes du siphon, qui se fissurèrent. On dut les renforcer et donner des instructions sévères pour régler les niveaux respectifs des deux canaux, de façon à éviter de nouveaux accidents.

Prises d'eau. — Les prises d'eau sur les canaux sont construites par les particuliers ; ce sont de petits aqueducs maçonnés ou des tuyaux en métal, en poterie ou en ciment, suivant leur importance; elles ne présentent pas de dispositions spécialement intéressantes.

Toutefois dans le réseau des canaux d'arrosage actuellement en cours d'exécution pour la transformation en terres d'irrigation des bassins d'inondation de la Moyenne Égypte, le gouvernement s'est décidé à établir lui-même tous les 400 mètres, sur les canaux de distribution, des prises d'eau mises à la disposition des cultivateurs riverains. De cette façon, il n'y a plus du tout de prises d'eau appartenant aux particuliers sur les canaux publics; c'est une grande amélioralion apportée au service des irrigations et au contrôle de l'eau.

Sur les figures 81 à 86, page 328, sont représentés deux types de prises d'eau qui sont fermées par des vannes en tôle avec tige à vis pouvant être cadenassée à volonté.

CHAPITRE XIII

ORGANISATION ADMINISTRATIVE ET LÉGISLATIVE DU SERVICE DES IRRIGATIONS

Organisation administrative; budget. — Considérations générales sur la législation. — Conseils provinciaux. — Attributions des moudirs et des inspecteurs d'irrigation. — Digues et canaux ; décret du 22 février 1894 ; arrêté du 16 juillet 1898. — Restrictions apportées aux arrosages à certaines époques. — Gardiennage et protection des digues pendant la crue du Nil; décret du 29 juin 1899. — Remise des impôts en cas de non-arrosage des terres. — Régime des propriétés qui bordent le Nil. — Expropriation pour cause d'utilité publique.

ORGANISATION ADMINISTRATIVE, BUDGET

Le service des irrigations relève du Ministère des Travaux Publics. Il est dirigé par deux inspecteurs généraux anglais, l'un pour la Basse Égypte, l'autre pour la Haute Égypte. Sous leurs ordres sont six inspecteurs de cercles et trois directeurs des barrages du Nil, ces derniers chargés respectivement des trois barrages du Delta, d'Assiout et d'Assouan.

Les six cercles entre lesquels l'Égypte est partagée pour ce qui concerne les irrigations sont les suivants :

1er *Cercle.* — Provinces du Delta à l'est de la branche de Damiette : Galioubieh, Charkieh et Dakhalieh.

2e *Cercle.* — Provinces du Delta entre les deux branches du Nil : Menoufieh et Garbieh.

3e *Cercle.* — Province située à l'ouest de la branche de Rosette : Béhéra.

4e *Cercle.* — Provinces de la Moyenne Égypte : Benisouef, Minieh, Fayoum et section nord de la province d'Assiout.

5e *Cercle.* — Provinces du sud : Nubie, Keneh.

6e *Cercle* — Provinces du nord de la Haute Égypte : Guirgueh et section sud de la province d'Assiout.

La province de Ghizeh est rattachée à la direction des barrages du Delta.

Les inspecteurs des quatre premiers cercles et les directeurs des barrages sont anglais. Presque tout le reste du personnel est composé d'indigènes, sauf un certain nombre d'ingénieurs plus particulièrement chargés de la surveillance de l'exécution des contrats d'entreprises ou d'autres services spéciaux.

La plus grande partie du personnel technique indigène se recrute parmi les élèves de l'école polytechnique du Caire. Cette école avait été fondée par Mehemet-Ali, sur le modèle de l'école polytechnique de France, avec le concours de professeurs français ; les études y sont actuellement d'un niveau moins relevé et d'un caractère surtout pratique. Plusieurs des ingénieurs indigènes actuellement en service ont complété leur instruction technique en France ou en Angleterre.

Dans chaque inspection d'irrigation, il y a, comme règle générale, un ingénieur en chef par province et, sous ses ordres, un ingénieur adjoint par district. Les provinces sont des circonscriptions administratives à la tête desquelles est un agent du Ministère de l'Intérieur, nommé *moudir*, dont les fonctions sont à peu près celles d'un préfet de département en France, et les districts (*merkez*), analogues aux cantons de France, sont sous l'autorité d'un agent du service administratif opérant sous la direction du *moudir* et nommé *mamour*.

Des circulaires et des décrets règlent le rôle des moudirs, des mamours et des chefs de village en ce qui concerne les irrigations, mais le personnel technique relève directement et entièrement des inspecteurs d'irrigation.

Le personnel affecté aux irrigations comprend, comme fonctionnaires permanents inscrits dans les cadres :

2 inspecteurs généraux ;
6 inspecteurs de cercles ;
3 directeurs des barrages du Nil ;
12 directeurs de travaux ;
21 ingénieurs en chef ;
144 ingénieurs adjoints ;
19 surveillants de travaux ;
80 commis aux écritures ;
36 magasiniers ;
6 agents divers.

Il coûte annuellement 1 540 000 francs, somme à laquelle il y a lieu d'ajouter 730 000 francs pour le personnel subalterne non cadré.

Le budget annuel du service des irrigations se répartit comme il suit[1].

[1] D'après le budget de 1903.

Personnel	2 270 000	francs.
Dépenses générales	460 000	—
Travaux neufs	730 000	—
Entretien des digues et canaux	10 400 000	—
Travaux de défense contre l'inondation	870 000	—
Entretien et réparation des ouvrages d'art	810 000	—
Pompes d'irrigation et de drainage	260 000	—
Total	15 800 000	francs.

A cette somme, il convient d'ajouter, dans les années de crue ou très forte ou très faible, des dépenses supplémentaires pouvant atteindre 500 000 à 800 000 francs. Ce budget correspond en moyenne à 6,70 fr. par hectare de terre cultivée.

Ce n'est pas d'ailleurs sur les ressources du budget ordinaire qu'ont été exécutés les grands travaux qui ont transformé depuis 1885 l'irrigation égyptienne, tels que la réparation du barrage du Delta, les améliorations générales du système des bassins de la Haute Égypte, la construction des barrages d'Assouan, d'Assiout et de Zifta, le développement du drainage et le remaniement du réseau des canaux de la Basse Égypte. Un budget extraordinaire dont la Caisse de la Dette Publique a fourni la plus grande partie, a permis de faire face à ces travaux pour l'ensemble desquels il a été dépensé, depuis 1885, 240 000 000 francs, somme qui représente un peu plus de 100 francs par hectare de terre cultivée.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA LÉGISLATION

En même temps que se transformait l'irrigation égyptienne au prix de sacrifices d'argent considérables, le besoin se faisait sentir d'établir sur des bases précises la législation des arrosages, qui, il y a une quinzaine d'années, était dans un état tout à fait rudimentaire.

On pourrait croire que l'Égypte, renommée pour la sagesse de ses anciens habitants et par l'antiquité de ses irrigations, a conservé dans ses traditions tout un patrimoine de lois et de coutumes se rapportant à l'utilisation des eaux du Nil ; et cependant rien de semblable n'existe. Ainsi, avant 1890, il n'y avait ni réglementation spéciale pour l'usage des eaux, ni juridiction particulière pour les affaires relatives aux irrigations, ni pénalités appropriées aux contraventions pour l'arrosage. Le fait est assez étonnant et mérite qu'on s'y arrête ; une semblable lacune peut en effet paraître étrange, dans un pays qui non seulement doit toute son existence aux eaux du Nil, mais encore où s'est implantée, depuis de longues années, la domination des Arabes qui ont laissé en Espagne de si curieux spécimens de règlements sur l'arrosage.

On peut attribuer, pour une grande part, cette anomalie à deux causes

spéciales à l'Égypte : la pratique de la culture par inondation et le régime de la propriété foncière.

Dans un système de bassins d'inondation, l'initiative individuelle est forcément annihilée pour tout ce qui concerne l'arrosage ; tous les champs englobés dans une même enceinte de digues subissent le même sort, sans que l'action de chacun puisse y rien changer. Quand l'eau arrive, il faut que la terre la reçoive et, quand la vidange commence, elle englobe à la fois toute une chaîne de bassins. Le fellah n'a aucun travail à faire sur sa terre pour l'inonder ou l'assécher, pas de rigoles à y creuser, pas de digues à y élever ; son rôle est purement passif.

D'autre part, le gouvernement ne peut même pas abandonner à des collectivités d'individus le soin d'alimenter chaque groupe de bassins et d'en rejeter à leur gré les eaux dans le fleuve ; les diverses séries de bassins dépendent, en effet, dans une certaine mesure, les unes des autres pour le remplissage et la vidange, et ces deux opérations ne peuvent avoir lieu qne sous le contrôle d'une autorité centrale administrant le régime du Nil, donnant l'eau et la retirant suivant les conditions variables des crues. Si l'Égypte est un don du Nil, le Nil est aussi la source unique et nécessaire de la fertilité de toute l'Égypte, et le gouvernement doit présider, d'un bout à l'autre de son cours, à la répartition de ses eaux pendant toute la durée de la crue, aussi bien pour éviter la stérilité de certaines parties que pour prévenir en d'autres points les désastres d'une trop forte inondation.

En pratique, depuis de longs siècles, le souverain disait au paysan : « Travaille sous mes ordres, en corvée, à la construction et à l'entretien des digues et des canaux ainsi qu'à leur surveillance pendant les hautes eaux, et je te donnerai autant d'eau que je le pourrai, suivant que le Nil le permettra ; puis, après que tu auras cultivé la terre ainsi fécondée, tu me paieras les impôts que je jugerai nécessaires. » C'était la seule loi qui existât et elle était durement appliquée.

Au temps où la culture par inondation régnait dans toute l'Égypte, il s'y faisait bien aussi des cultures par irrigation, mais seulement dans les endroits privilégiés, situés soit sur les rives du Nil, soit sur le bord de certains chenaux naturels où l'eau coulait toute l'année et d'où le fellah pouvait l'élever sur les terres au moyen de machines élévatoires grossières. Chacun prenait l'eau qui passait à sa portée, quand elle y venait, à moins qu'il n'en fût empêché par le bon plaisir des agents ou des favoris du pouvoir.

Quand Mehemet Ali entreprit le creusement des grands canaux d'irrigation de la Basse Égypte, il ne vit aucune raison pour changer l'absolutisme et l'arbitraire de ce régime transmis par les générations précédentes et qui convenait à son caractère ; il ne pouvait comprendre l'utilité d'une réglementation de l'usage des eaux pouvant limiter son propre pouvoir ou

celui de ses agents; il considérait l'Égypte tout entière comme une vaste ferme qu'il était chargé de faire valoir, et dont il tirait des revenus qui lui permirent de rêver la grandeur et l'autonomie du pays.

D'ailleurs, les conditions de la propriété foncière l'amenaient naturellement à cette conception. Il semble, en effet, que, dès les temps les plus reculés, la propriété n'ait pas existé en Égypte dans le sens où nous entendons ce mot. Sans remonter au delà de la conquête arabe, les historiens musulmans racontent qu'à cette époque « le cultivateur ne possède pas le fonds du sol, lequel appartient à la commune, et, par extension, au souverain, c'est-à-dire, à l'État. » La commune formait, ainsi dire, l'unité territoriale; c'était elle, comme collectivité, qui était usufruitière des terres. L'impôt était la part des récoltes qui revenait au vrai propriétaire, l'État, et c'était la commune qui en était responsable, le paysan n'était qu'un ouvrier. Sauf pour quelques domaines, c'est là le système qui resta en vigueur dans toute l'Égypte jusqu'au siècle dernier; il n'était pas favorable à l'élaboration d'un code de l'arrosage. L'arbitraire du gouvernement ou les caprices des puissants du jour étaient les seules règles des irrigations: le fellah n'avait strictement aucun droit d'élever la voix pour mettre en culture des terres qui ne lui appartenaient pas; tout ce qu'il pouvait faire, c'était de réclamer l'exemption de l'impôt si on ne lui avait pas donné d'eau, heureux s'il l'obtenait du bon plaisir des gouvernants.

C'est par des acheminements successifs assez récents que le droit de propriété finit par se constituer, depuis 1813, époque où Mehemet Ali fit établir le premier cadastre et répartir les terres entre les paysans, jusqu'à la loi de liquidation qui, en 1880, reconnut le droit de propriété absolu du cultivateur sur la plus grande partie des terres, et jusqu'au décret de 1891 qui étendit ce droit à toutes les terres d'Égypte.

La question de la propriété foncière étant enfin résolue, il fallut bien en arriver à établir quels sont les droits et les devoirs, tant du propriétaire du sol que du gouvernement, en ce qui concerne la distribution et l'usage des eaux.

Le principe naturel qui, sauf exceptions, domine actuellement l'irrigation, c'est que la terre qui, dans ce pays, ne produit rien sans arrosage, a droit à l'eau, comme l'homme a droit à la vie. Ce droit n'est limité que par les besoins de la collectivité et les conditions des canaux, et c'est le gouvernement qui est juge de ces besoins et de ces conditions. Ainsi, d'une part, le gouvernement projette et exécute les ouvrages qui lui paraissent propres à assurer l'irrigation et à la développer; il distribue l'eau du Nil en toutes saisons dans tous les canaux publics; il la répartit entre ces canaux dont il fixe le niveau comme il l'entend, en s'inspirant de l'intérêt public; il détermine les dimensions des prises d'eau des rigoles d'arrosage et la force des machines éléva-

toires établies sur les canaux publics, en tenant compte des besoins de l'agriculture et des ressources de l'alimentation ; d'autre part, le propriétaire a le droit de prendre autant d'eau qu'il en peut passer par sa prise ou par sa pompe, pendant tout le temps que le canal ou le bief de canal public qui le dessert n'est pas mis en chômage.

Les rouages qui concourent au service des irrigations sont :

1° Des conseils provinciaux consultatifs ;

2° Les fonctionnaires qui dépendent du Ministère des Travaux Publics : ce sont les agents d'exécution ;

3° Le personnel administratif qui relève du Ministère de l'Intérieur, c'est-à-dire les moudirs (préfets) des provinces, les chefs des districts et des villages ;

4° Des tribunaux administratifs spéciaux ;

5° La population en général des villages convoquée, au moment de la crue, pour la surveillance des digues.

Avant de passer à l'examen des divers documents législatifs relatifs à l'irrigation, il convient de remarquer, d'une façon générale, que la juridiction des tribunaux administratifs ne s'applique qu'aux indigènes et non aux résidents européens. Ces derniers relèvent uniquement des tribunaux ordinaires. Ils sont jugés, dans leurs rapports avec le gouvernement ou avec les indigènes ou avec des européens d'une autre nationalité, par des tribunaux, dits *mixtes*, établis en Égypte suivant un accord avec les puissances, composés de juges de diverses nationalités et de juges indigènes, et appliquant un code qui se rapproche beaucoup du code français. Ces tribunaux n'ont pas dans leur compétence les délits et les crimes, qui sont jugés par l'autorité consulaire. Pour les contraventions, ils ne peuvent appliquer que des peines variant de 1,30 fr. à 26 francs et de un à sept jours de prison.

CONSEILS PROVINCIAUX

Ces conseils ont été créés par la loi organique d'Égypte du 1er mai 1883. Par décision du Conseil des Ministres du 27 décembre 1890, ils remplacent l'institution des conseils d'agriculture, qui avaient été créés en 1871, et des assemblées générales de travaux qui leur avaient été substituées par ordre khédivial du 3 janvier 1880.

D'après la loi organique, les attributions des conseils provinciaux sont les suivantes :

Pouvoir de voter des contributions extraordinaires à établir en vue de dépenses d'utilité publique intéressant la province ;

Obligation de donner leur avis préalable sur les travaux d'irrigation ;

Pouvoir de donner leur avis sur les travaux d'irrigation intéressant la province ;

Pouvoir d'émettre des vœux sur les questions intéressant l'agriculture, tels que desséchements des marais, amélioration des cultures et écoulement des eaux, etc.

Ces conseils provinciaux sont composés de membres élus. Ils se réunissent au moins une fois par an. Quand ils traitent des questions d'irrigation, l'inspecteur des irrigations assiste aux séances avec voix délibérative (décision du 27 décembre 1890). Ils sont présidés par le moudir qui a voix délibérative.

Les conseils provinciaux constituent donc, en réalité, des assemblées consultatives auxquelles sont soumises les mesures prises pour l'irrigation des provinces, la répartition des travaux de curage annuels, etc., etc. La décision définitive reste toujours entre les mains du Ministère des Travaux Publics ou du Conseil des Ministres, suivant les cas.

ATTRIBUTIONS DES MOUDIRS ET DES INSPECTEURS D'IRRIGATION

Les rapports des moudirs avec les inspecteurs d'irrigation sont fixés par un règlement de décembre 1885, dont l'esprit peut être indiqué, d'une manière générale, en disant que les inspecteurs d'irrigation et leurs ingénieurs sont les agents d'exécution de toutes les mesures concernant les irrigations, et que les moudirs ont à leur présenter et à discuter avec eux les besoins, les demandes et les plaintes du public.

Ainsi il appartient au moudir de veiller à ce qu'une juste distribution des eaux soit faite dans les divers districts; il doit faire connaître aux inspecteurs d'irrigation les localités auxquelles, à tel ou tel moment, il est nécessaire de donner plus d'eau, en tenant compte des plaintes justifiées qui lui seraient adressées par les chefs des villages; avec le conseil provincial, il indique, au commencement de chaque année, les divers travaux à exécuter pour les curages; il ne peut agir par lui-même que dans les cas de danger pressant, de rupture d'une digue ou d'un ouvrage, et lorsqu'il n'y a pas sur les lieux d'agent technique; il doit choisir d'un commun accord avec l'inspecteur ou son adjoint les entrepreneurs pour les curages et les petits travaux.

De son côté, le devoir de l'inspecteur d'irrigation est de donner suite, dans la mesure du possible, aux observations du moudir relatives à la distribution des eaux, mais c'est lui seul qui a le contrôle technique de cette distribution ainsi que de la manœuvre des ouvrages régulateurs; il doit répondre aux demandes du moudir et donner tous les renseignements que ce fonctionnaire désire, en particulier pour les affaires à soumettre au conseil provincial; il doit communiquer au moudir et publier la réglementation des canaux; il doit se concerter avec le moudir pour les changements projetés

dans l'irrigation et le drainage de la région ; lorsqu'il a l'intention de fermer un canal pour plus de quatorze jours, il doit en informer le moudir, afin que celui-ci ait le temps de lui présenter ses observations s'il y a lieu.

Toutes les fois qu'il y a désaccord sur les points ci-dessus entre le moudir et l'inspecteur d'irrigation, ces deux fonctionnaires en réfèrent à leurs ministères respectifs qui tranchent le différend.

DIGUES ET CANAUX; DÉCRET DU 22 FÉVRIER 1894[1]

Le décret du 22 février 1894 forme la loi fondamentale des irrigations. Il comprend quarante-trois articles. Nous le publions ci-après in-extenso après en avoir fait ressortir les principales dispositions :

Les articles 1 à 3 définissent ce qu'on doit entendre par canal et drain public ou privé. Un canal public est celui qui arrose la totalité ou une partie des terrains de plus de deux villages; une rigole privée est celle qui sert à un ou deux villages seulement, ou à une terre appartenant à une seule personne ou à une famille en état de communauté, bien que contenue dans plusieurs villages; toutefois une rigole peut être classée comme publique, sur la demande des propriétaires, quand elle arrose plus de 420 hectares. Un drain est public quand il dessert plus de deux villages, à moins qu'il ne reçoive les eaux d'écoulement de plus de 840 hectares.

L'article 7 est très important. Il établit que le gouvernement n'a aucune indemnité à payer pour manque ou arrêt des eaux ayant comme cause un cas de force majeure, ou des réparations et des modifications reconnues nécessaires, ou une réglementation des eaux faite dans l'intérêt public ou pour le curage; toutefois, dans ce dernier cas, l'inspecteur d'irrigation doit choisir le moment favorable pour les travaux et le moudir doit consulter les intéressés.

Les articles 8 et 19 traitent de la construction, de l'entretien, de la modification des rigoles, prises d'eau ou drains privés, ainsi que de l'installation des machines élévatoires, autres que les machines fixes ou locomobiles et celles mues par l'eau ou par le vent[2]. Toutes les mesures relatives à ces divers objets sont décidées, suivant les cas, soit par l'inspecteur d'irrigation après avis du moudir, soit par l'inspecteur et le moudir d'un commun accord et, s'il y a lieu, après descente sur les lieux et comparution des intéressés. S'il y a désaccord entre le moudir et l'inspecteur des irrigations, dans les cas où cet accord est prescrit, ou si les intéressés n'acceptent pas la décision de ces fonctionnaires, c'est le Ministère des Travaux Publics qui

[1] Un premier décret sur les digues et canaux a été promulgué en 1890 ; divers changements ont été introduits depuis cette date dans le texte primitif.

[2] L'installation de ces machines est régie par le décret du 8 mars 1881, voir page 250.

prononce en dernier ressort. Les difficultés qui surgissent entre les particuliers au sujet des rigoles, drains ou prises d'eau sont réglées de la même manière. Toute la procédure et les notifications ont lieu par la voie administrative, ainsi que, s'il y a lieu, l'exécution des travaux et le recouvrement des dépenses.

L'article 23 concerne la réfection ou la réparation des ponceaux privés établis dans la digue du Nil ou d'un canal et constituant un danger à cause de leur mauvais état. L'inspecteur peut ordonner les travaux nécessaires, qui, en cas de non-exécution par l'intéressé, sont faits par l'administration et les frais recouvrés administrativement; à l'approche de la crue, l'inspecteur peut ordonner la fermeture immédiate et l'enlèvement définitif de l'ouvrage, s'il le juge nécessaire.

L'article 24 stipule que, dans le cas où on est obligé d'occuper une parcelle de terrain ou une construction pour des travaux de défense contre l'inondation, la propriété occupée est évaluée par une commission spéciale, dont l'organisation est prévue par l'article 27 et qui décide sans recours; l'indemnité est payée par le Ministère des Travaux Publics.

L'article 27 institue une commission spéciale pour fixer le montant des indemnités dues soit pour les terrains nécessaires à l'établissement des rigoles ou des drains privés, soit dans les autres cas prévus au décret. Cette commission est composée du moudir, de l'ingénieur en chef de la province et de deux notables choisis par chacune des parties intéressées.

Les articles 26, 28, 29, 30 et 31 visent la navigation et donnent au gouvernement le droit de faire procéder administrativement à l'enlèvement des barques échouées, formant obstacle dans un canal.

Les articles 32 à 41 énumèrent les contraventions et les pénalités à appliquer dans chaque cas; ces pénalités sont prononcées par une commission composée du moudir, de l'ingénieur en chef et de trois notables désignés par le Ministre de l'Intérieur; si la condamnation comporte emprisonnement, le contrevenant peut en appeler devant une autre commission composée du sous-secrétaire d'État au Ministère de l'Intérieur, d'un conseiller khédivial[1] et d'un délégué du Ministère des Travaux Publics. Le recouvrement des frais et des amendes se fait par voie administrative.

Ainsi, si l'on excepte certaines formalités de procédure et l'introduction de quelques éléments étrangers dans la commission d'estimation des indemnités et dans la commission des contraventions, ce décret donne à l'administration des Travaux Publics les pouvoirs les plus étendus; c'est elle qui décide toutes les mesures et qui règle en dernier ressort toutes les contestations relatives à l'usage des eaux.

[1] Chef du contentieux d'un ministère.

Décret sur les digues et canaux.

ARTICLE PREMIER. *Canaux et digues publics.* — Le mot « canal » signifie un cours d'eau servant à l'irrigation de la totalité ou d'une partie des terrains de plus de deux villages.

Tous les canaux de cette nature sont considérés comme publics.

Ils sont généralement construits et entretenus aux frais de l'État et font partie du domaine public.

L'usage et l'occupation des digues des canaux ne sont permis aux particuliers que par tolérance, conformément aux dispositions de l'article 21 du présent décret.

ART. 2. *Rigoles privées.* — Par le mot « rigole », on entend un chenal ou cours d'eau servant à l'irrigation des terrains d'un ou deux villages seulement, ou d'une terre appartenant à une seule personne ou à une famille en état de communauté, bien que contenue dans plusieurs villages.

Toutes les rigoles sont considérées comme propriété privée; leur construction et leur entretien sont à la charge des particuliers qui en profitent.

Le gouvernement, en cas de retard à les curer, pourra faire exécuter lui-même cette opération aux frais desdits habitants. La somme ainsi dépensée sera répartie par le moudir en proportion de l'impôt payé par chacun et sera recouvrée conformément aux dispositions du Décret du 25 mars 1880[1].

Toutefois, si la surface habituellement irriguée par une rigole excède mille feddans[2] appartenant soit à une seule, soit à plusieurs personnes, cette rigole pourra toujours, sur la demande des propriétaires, être considérée comme un canal public.

ART. 3. *Drains.* — Le mot « drain » indique un fossé destiné à l'écoulement des eaux provenant de l'irrigation, de la pluie ou du drainage.

Le drain est public quand il dessert plus de deux villages; privé lorsqu'il n'en dessert qu'un ou deux seulement, à moins qu'il ne soit destiné à recevoir les eaux d'écoulement d'une superficie supérieure à deux mille feddans[3]; dans ce cas, il est considéré comme public, bien que situé dans un seul village.

Les drains publics sont entretenus par l'État, et les drains privés par les propriétaires intéressés; les dispositions du second paragraphe de l'article précédent sont applicables aux drains privés.

ART. 4. *Travaux de préservation contre l'inondation.* — Les travaux de préservation contre l'inondation comprennent les digues, les épis, les digues transversales (Salibahs), les digues longitudinales (Tarrads) et autres ouvrages servant à protéger les terrains et les villages contre le débordement des eaux.

Ces ouvrages sont considérés comme publics et doivent être en entier à la charge du gouvernement.

Quant aux hochas[4] particuliers sur les « sahels[5] » du Nil, ou qui font partie des hods[6] et qui sont construits par leurs propriétaires, leur entretien reste à la charge de ces derniers.

ART. 5. *Attributions des inspecteurs d'irrigation et des ingénieurs en chef.* — Les inspecteurs d'irrigation sont les représentants du Ministère des Travaux Publics et ont sous

[1] Décret relatif à la saisie et à la vente administrative en cas de non-paiement des impôts à l'échéance.

[2] 420 hectares.

[3] 840 hectares.

[4] Terrains entourés de digues où l'on fait des cultures d'irrigation dans la région des bassins.

[5] Terres hautes avoisinant le Nil.

[6] Bassins d'inondation.

leurs ordres les ingénieurs en chef et tout le personnel du service des irrigations dans les limites de leurs inspections; leurs attributions et leurs relations avec les moudirs sont fixées par le règlement du 31 décembre 1885 [1].

ART. 6. *Servitudes sur les terrains.* — Le propriétaire d'un terrain grevé par voie légale de servitudes telles que rigoles et drains traversant ce terrain et destinés à servir les terrains voisins, ne pourra, en aucun cas, rendre ces rigoles ou drains à la culture, ni les détruire ou les remblayer sans le consentement par écrit des propriétaires des terrains desservis par ces drains ou rigoles.

ART. 7. *Arrêt des machines élévatoires ou fermeture des canaux.* — Aucune indemnité ne peut être réclamée au gouvernement pour des pertes occasionnées par un manque ou un arrêt des eaux d'un canal résultant de cas de force majeure, ou ayant pour cause des réparations ou des modifications reconnues nécessaires, ou une mesure quelconque que l'inspecteur d'irrigation jugerait nécessaire de prendre afin de réglementer les eaux dans ce canal ou d'en maintenir la cote, telle que, par exemple, la fermeture d'un canal ou la suspension de l'irrigation pendant un certain nombre de jours sur tout ou partie de ce canal, en vue de faire face à un besoin d'eau plus urgent dans un autre endroit.

Dans le cas où il serait nécessaire de curer ou de réparer un canal quelconque, l'inspecteur d'irrigation, l'ingénieur en chef de la moudirieh, comme son agent, doit choisir pour effectuer ces opérations, le temps pendant lequel on peut se dispenser des eaux nécessaires à l'irrigation ou à l'arrosage.

Toutefois, avant de commencer un travail quelconque de cette nature, l'inspecteur d'irrigation doit se mettre d'accord avec le moudir, conformément aux dispositions du règlement du 31 décembre 1885, fixant les attributions et les relations des inspecteurs d'irrigation et des moudirs.

Le moudir doit appeler et consulter les intéressés ou leurs représentants légaux.

ART. 8. *Construction de rigoles séfi* [2]. — Les propriétaires ou le village qui désireraient construire dans leurs propres terrains une rigole pour l'eau séfi doivent adresser leur demande au moudir.

Celui-ci la communiquera à l'inspecteur d'irrigation, accompagnée de son avis et de ses observations, et, si l'inspecteur se trouve d'accord avec lui, le moudir accordera ou refusera, suivant le cas, l'autorisation demandée.

La rigole ainsi autorisée sera construite aux frais des demandeurs et leur appartiendra.

Néanmoins, le droit de propriété sur cette rigole n'aura pas pour conséquence d'empêcher les autres propriétaires voisins de l'utiliser, même pendant l'étiage, pour l'irrigation de leurs terrains, après que les propriétaires de la rigole auront pris la quantité d'eau suffisante pour leurs terrains. Mais les propriétaires voisins devront, dans ce cas, contribuer, en proportion de l'étendue de leurs terrains qui profitent de la rigole, aux frais de sa construction et de son entretien.

ART. 9. *Passage des eaux à travers les terres d'autrui, à défaut d'autres moyens pour l'irrigation.* — Dans le cas où un propriétaire trouverait que, sans la construction d'une rigole sur des terrains qui ne lui appartiennent pas ou sans se servir d'un canal nili ou d'une rigole existant sur la propriété d'autres personnes, il lui est impossible de pourvoir suffisamment à l'irrigation de ses terres, à défaut d'arrangement à l'amiable avec les propriétaires intéressés ou leurs représentants légaux, il présentera sa réclamation au moudir qui la communiquera avec son avis et ses observations à l'inspecteur d'irrigation.

Ce dernier examinera la question sur les lieux et prononcera sa décision, après avoir entendu les propriétaires intéressés ou leurs représentants légaux s'ils se présentent.

[1] Voir page 343.

[2] Rigoles servant pour les cultures qui se font pendant la période d'étiage du Nil.

Il pourra déléguer à cet effet l'ingénieur en chef de la province ou son propre adjoint.

Avis sera donné du jour et de l'heure de la descente sur les lieux aux propriétaires intéressés ou leurs représentants légaux au moins quatorze jours avant.

Mais si la rigole ou canal nili doit servir à amener de l'eau séfi fournie par écoulement naturel ou élevée au moyen de machine, et que le propriétaire voisin s'oppose à son établissement parce qu'elle nuirait aux terrains à traverser, l'inspecteur d'irrigation ira lui-même sur les lieux et prendra pour base de son rapport l'étude précise des niveaux.

Si ce rapport est favorable à la demande et que le moudir, après en avoir pris connaissance, se trouve d'accord avec l'inspecteur, une décision motivée sera rendue par le moudir lui-même.

Cette décision sera signifiée par voie administrative aux propriétaires opposants.

Chacun de ces derniers pourra, dans les quinze jours de la signification, la déférer au Ministère des Travaux Publics qui prononcera en dernier ressort sur la question.

En cas de désaccord entre le moudir et l'inspecteur, la question sera également soumise au Ministère des Travaux Publics.

Le pétitionnaire devra toujours payer la valeur du terrain occupé par la nouvelle rigole et l'impôt dont il est grevé, ainsi qu'une indemnité pour les dommages causés.

La somme à payer sera fixée par la commission mentionnée à l'article 27 du présent décret.

Cet article annule l'article 10 du décret du 8 mars 1881.

Art. 10. *Insuffisance d'eau d'une rigole.* — Le propriétaire qui croirait n'avoir pas la quantité d'eau nécessaire pour ses cultures, doit adresser sa réclamation au moudir, qui la communiquera, également avec son avis et ses observations, à l'inspecteur d'irrigation pour examiner si le débit de la rigole qui alimente lesdites cultures est suffisant, ou bien si cette rigole doit être élargie. L'inspecteur basera ses appréciations sur l'étendue des terrains irrigués et sur la nature des cultures.

Si le propriétaire voisin s'oppose à l'élargissement de la rigole qui est reconnu nécessaire, les dispositions de l'article précédent seront observées, et si cet élargissement a pour but le passage des eaux séfi, les règles établies aux paragraphes 4, 5, 6 et 7 de l'article 9 seront applicables.

Art. 11. *Échange de rigoles.* — Les règles et les formalités prescrites par l'article 9 seront également observées dans le cas où un propriétaire demanderait d'affecter à l'irrigation de ses terres, pendant la crue, une rigole autre que celle dont il se serait servi jusqu'alors.

Mais, pendant les étiages, aucun échange de rigoles ne pourra avoir lieu sans le consentement des propriétaires des terrains que la nouvelle rigole doit traverser.

Art. 12. *Création de prises ou installation de machines élévatoires sur les canaux.* — Si un propriétaire désire créer une prise sur un canal ou établir une sakieh ou une machine élévatoire pour irriguer ses terrains touchant ce canal, il devra présenter sa demande au moudir qui la communiquera, accompagnée de son avis et de ses observations, à l'inspecteur d'irrigation. Ce dernier la transmettra à l'ingénieur en chef de la province, lequel, s'il approuve cette demande, délivrera l'autorisation nécessaire, dans le cas d'une sakieh, et soumettra la question à l'inspecteur d'irrigation s'il s'agit d'une prise d'eau.

Dans tous les cas, une copie de l'autorisation sera transmise au moudir avec la déclaration que le débit du canal peut permettre la création de la rigole ou l'établissement de la sakieh sans porter préjudice aux propriétaires des autres rigoles en aval.

L'ingénieur en chef exigera, au préalable, du pétitionnaire l'engagement de faire à ses propres frais tous les travaux jugés nécessaires pour régler le débit d'eau dans la rigole ou pour maintenir en bon état les digues du canal.

Il désignera l'emplacement que doit occuper la prise ou la sakieh.

Les règles pour l'établissement des machines fixes ou locomobiles mues par la vapeur, par le vent ou par le courant de l'eau, sont toutes édictées par le décret du 8 mars 1881 [1].

Il ne pourra, en aucun cas, être installé ni sakieh, ni tabout sans une autorisation préalable. Cette autorisation sera délivrée gratuitement.

Art. 13. *Suppression d'une rigole pour prévenir un dommage.* — Quand, soit sur la demande des propriétaires intéressés ou leurs représentants légaux, soit de sa propre initiative, un inspecteur d'irrigation trouve que l'existence d'une rigole est inutile à l'irrigation, qu'elle constitue un obstacle au drainage, qu'elle occasionne des infiltrations ou des déperditions d'eau, ou, enfin, qu'elle est nuisible à l'agriculture, il devra, après entente avec le moudir et après que ce dernier aura entendu les propriétaires intéressés, communiquer son avis au Ministère des Travaux Publics, qui ordonnera la fermeture de la rigole à la fin de la récolte et permettra aux propriétaires des terrains avoisinants de la combler, s'il résulte que l'irrigation faite par cette rigole pourrait s'effectuer par une autre sans dommage. Dans ce cas, quant au terrain occupé par la rigole supprimée, on appliquera les règlements en vigueur.

Art. 14. *Élargissement ou rétrécissement du ponceau de prise d'une rigole ou modification du niveau du radier.* — Si l'inspecteur d'irrigation juge que le ponceau de prise d'une rigole est trop large ou que son radier est à un niveau qui permet le passage d'un volume d'eau excédant le besoin des terres irriguées par la rigole, il devra en prévenir le moudir, qui invitera les propriétaires ou leurs représentants légaux à se réunir auprès de lui à un jour fixé. Après leur avoir communiqué l'avis motivé de l'inspecteur d'irrigation, on fixera, s'ils approuvent son avis, l'époque pendant laquelle les travaux pourront être exécutés. Pendant cette époque, les cultures ne doivent pas avoir besoin des eaux.

Si les propriétaires ont des objections à élever contre cette décision, le cas sera déféré par le moudir au Ministère des Travaux Publics, qui ordonnera ce qu'il jugera opportun à ce sujet.

S'il est nécessaire d'élargir le ponceau de prise d'une rigole ou d'abaisser le niveau de son radier pour qu'il y ait un volume d'eau suffisant, une époque sera également fixée à cet effet.

Dans tous les cas, les frais restent à la charge du gouvernement.

Art. 15. *Construction d'un drain se déversant dans les terres d'autrui.* — Dans le cas où un propriétaire, pour drainer ses terres, aurait besoin de créer un drain qui traverserait les terrains d'un autre propriétaire, à défaut d'entente à l'amiable avec l'intéressé, il pourra présenter sa réclamation au moudir, qui la communiquera, accompagnée de son avis et de ses observations, à l'inspecteur d'irrigation. Ce dernier indiquera le cours que le drain devra suivre; faute de moyens de se procurer le terrain nécessaire au passage du drain, l'inspecteur d'irrigation se concertera avec le moudir et, s'ils tombent d'accord, le cas sera soumis au Ministère des Travaux Publics, lequel, s'il approuve la construction du drain, prendra les mesures nécessaires. Toutes les dépenses et l'indemnité seront exclusivement à la charge des bénéficiaires. Le passage du drain ne devra causer aucun dommage aux terrains qu'il traversera.

Art. 16. *Réparation d'une rigole ou d'un drain pour empêcher les dommages.* — Le propriétaire d'un terrain endommagé par une rigole ou par un drain qui le traverse, soit faute de curage, soit à cause du mauvais état des digues de cette rigole ou de ce drain, pourra s'adresser au moudir, qui, après entente avec l'inspecteur d'irrigation ou avec l'ingénieur en chef de la province, ordonnera soit la fermeture de la rigole ou du drain, soit leur curage s'il le juge suffisant. Dans le cas où la rigole ou le drain seraient indis-

[1] Voir pages 250 et suivantes.

pensables, le moudir invitera les intéressés à les maintenir en bon état ou à indemniser le propriétaire du terrain endommagé par la rigole ou par le drain.

ART. 17. *Remplacement d'une rigole ne répondant pas aux besoins de l'irrigation.* — Quand un propriétaire trouve que l'emplacement de la rigole traversant son terrain lui rend difficile l'irrigation et qu'il désire faire remplacer cette rigole par une autre, il peut présenter une demande au moudir, qui la communiquera, accompagnée de son avis et de ses observations, à l'inspecteur d'irrigation, qui, après entente avec le moudir, autorisera la suppression de la rigole et son remplacement par une autre aux frais du propriétaire, pourvu que la nouvelle rigole soit, sous tous les rapports, aussi bonne que la première et remplisse les conditions voulues, et que celle-ci ne soit fermée que lors de la mise en état de la nouvelle.

Mais si la rigole ne profite qu'au propriétaire du terrain qu'elle traverse, celui-ci pourra la faire remplacer sur son terrain par une autre rigole sans avoir besoin d'en demander la permission.

ART. 18. *Des difficultés qui pourraient s'élever au sujet de la réparation d'une rigole.* — Si un particulier se plaint au moudir de ce que ses cointéressés à une rigole ne sont pas d'accord sur la réparation, le moudir déléguera l'ingénieur en chef, qui se rendra sur les lieux et vérifiera la plainte.

S'il est reconnu que la réparation de la rigole est nécessaire, le moudir invitera les intéressés à la réparer.

Mais si les intéressés se trouvaient dans l'impossibilité de faire cette réparation, soit faute d'hommes suffisants dans leur village, soit faute d'argent, le gouvernement pourra se charger de l'exécution à ses frais, sauf à se faire rembourser le montant de la dépense par les intéressés en plusieurs termes que fixera la moudirieh suivant leurs moyens. Le gouvernement pourra renoncer à se faire rembourser par les intéressés s'ils sont reconnus pauvres.

Le Ministre de l'Intérieur statuera définitivement sur le cas de pauvreté.

ART. 19. *Démolition des digues ou comblement des rigoles ou des drains.* — Si un propriétaire se plaint au moudir de ce qu'un de ses cointéressés à une rigole d'irrigation ou à un drain dont l'entretien est à la charge des propriétaires, conformément à l'article 2, en a démoli les digues ou en a comblé ou usurpé une partie, le moudir communiquera la plainte, accompagnée de son avis et de ses observations, à l'inspecteur d'irrigation, qui se rendra sur les lieux en personne ou déléguera à cet effet l'ingénieur en chef de la province, après en avoir prévenu les intéressés au moins quatorze jours à l'avance. S'il est constaté qu'il y a eu démolition ou comblement, l'inspecteur évaluera les travaux nécessaires pour le rétablissement de la rigole ou du drain dans son état primitif, et en avisera le moudir pour qu'il oblige administrativement le contrevenant à arranger ce qu'il y a de détérioré. En cas de refus de sa part, il sera obligé d'en supporter les frais.

Dans le cas où un propriétaire ou un locataire viendrait à se plaindre au moudir qu'on lui a intercepté l'eau d'une rigole dont il se servait pour l'irrigation, le moudir, ainsi qu'il est dit au premier paragraphe, transmettra la plainte avec son avis et ses observations à l'inspecteur d'irrigation, qui visitera lui-même les lieux ou déléguera à cet effet l'ingénieur en chef de la province, après en avoir prévenu les parties intéressées quatorze jours au moins à l'avance ; s'il est constaté que le plaignant arrosait réellement ses terres au moyen de ladite rigole l'année précédente, l'inspecteur d'irrigation en avisera le moudir, qui prendra administrativement les dispositions nécessaires pour que les choses soient rétablies dans leur ancien état et pour qu'il n'y ait plus opposition à l'usage de la rigole. Le moudir procédera immédiatement à l'exécution de ces mesures aux frais de celui ou de ceux qui ont intercepté la rigole.

Ces frais seront, dans tous les cas ci-dessus, recouvrés dans les formes prescrites par le décret du 25 mars 1880.

Art. 20. *Enlèvement des arbres plantés sur les digues et les talus des canaux.* — S'il est prouvé que les arbres plantés sur les digues, les talus ou les banquettes d'un canal, sont la propriété d'un particulier, et que ces arbres constituent à cause de leur développement, un obstacle au cours des eaux, à la navigation ou à la circulation sur les digues du canal, l'inspecteur d'irrigation ou l'ingénieur en chef de la province ordonnera au propriétaire de les enlever.

Si celui-ci n'exécute pas l'ordre dans les huit jours, l'inspecteur, après avoir obtenu l'approbation écrite du moudir, fera abattre ou élaguer les arbres, vendra le bois et remettra au propriétaire le produit de la vente sous déduction des dépenses.

Art. 21. *Tolérance de l'emploi, pour la culture, d'une digue ou d'un lit de canal.* — L'habitude, consacrée par l'usage, de cultiver les digues qui ne sont pas destinées à la circulation et les lits des canaux nili est tolérée ; toutefois, le cultivateur ne pourra rien réclamer au gouvernement pour les travaux de réparation ou de curage nécessaires.

A cet effet, les inspecteurs recommanderont aux agents chargés de ces travaux de tâcher, dans la mesure du possible, d'empêcher tout dégât à la culture sur pied.

Le fermier d'un terrain libre de l'État ne sera pas tenu de payer le loyer du terrain dont la récolte aurait été endommagée à la suite d'un travail d'utilité publique qui y serait exécuté avant que la récolte n'ait mûri ; il lui sera, au contraire, tenu compte du montant de la culture endommagée.

Art. 22. *Transformation d'une digue cultivée en route pour la circulation publique.* — Si la digue d'un canal habituellement cultivée était nécessaire comme route, ou si, pour une raison quelconque, on voulait défendre qu'elle fût cultivée, l'inspecteur d'irrigation invitera le moudir à informer le cultivateur de cette digue qu'à la fin des cultures y existant, il ne lui sera plus permis d'en faire d'autres ; si malgré cette notification, il persistait à vouloir s'en servir, il n'aurait rien à réclamer au gouvernement dans le cas où ses cultures seraient enlevées par ordre du moudir. Mais si la digue est grevée d'impôt, le gouvernement devra la dégrever et la déclarer d'utilité publique.

Art. 23. *Construction ou réparation des ponceaux appartenant aux particuliers dans la digue du Nil ou d'un canal.* — Si l'inspecteur d'irrigation s'aperçoit qu'un ponceau établi sur la digue du Nil ou d'un canal, ou qu'un autre ouvrage de protection est mal construit ou en état de dégradation, ou qu'il constitue pour toute autre raison une source de dangers pour les digues, il avisera le moudir, qui donnera l'ordre au propriétaire d'en faire la réparation ou la réfection dans un délai de quarante jours pendant la saison d'hiver, faute de quoi, l'inspecteur demandera au moudir l'exécution de ces travaux dans un autre délai de quarante jours.

Si, après une nouvelle invitation de la part du moudir, le propriétaire du ponceau se refusait à en faire la réparation ou la réfection, le moudir pourra faire exécuter ces travaux, et les frais seront recouvrés administrativement du propriétaire dans les formes prescrites par le décret du 25 mars 1880.

Si, à l'approche du temps de la crue, la construction du ponceau n'est pas achevée, l'inspecteur d'irrigation pourra en ordonner la fermeture immédiate, et l'enlèvement définitif dans le cas où la sûreté des digues l'exigerait. Il aura soin d'en informer le moudir et de faire parvenir l'eau, par un autre moyen quelconque, aux terrains qui étaient irrigués par ce ponceau.

Art. 24. *Travaux de défense contre les inondations.* — Dans le cas où l'on serait obligé d'occuper une parcelle de terrain cultivée appartenant aux particuliers, ou de démolir une maison ou une autre construction quelconque située sur lesdits terrains, dans le but d'exécuter les travaux de protection contre l'inondation, l'étendue de la propriété ainsi occupée sera mesurée. L'estimation sera faite par la commission mentionnée à l'article 27 ; après avoir entendu le propriétaire et l'inspecteur d'irrigation, ce dernier fera connaître au moudir d'une manière approximative les avantages résultant de ces travaux.

La somme fixée sera payée par le Ministère des Travaux Publics. Aucun recours ne sera admis contre la décision de la commission.

En cas de danger pendant la crue du Nil, le moudir pourra agir immédiatement ; il pourra occuper un terrain cultivé ou non cultivé, démolir une maison ou toute autre construction pour exécuter des travaux urgents de protection ; dans ce cas, l'estimation du dommage sera faite par le moudir ou son remplaçant, de concert avec l'ingénieur en chef ou l'ingénieur du district et quatre notables, dont deux choisis par les intéressés et deux par le moudir ; en cas de partage, la voix du moudir ou de son remplaçant sera prépondérante.

Le montant des dommages sera payé par le Ministère des Travaux Publics.

Art. 25. *Déviation du cours du Nil.* — Si le Nil venait à former, par suite de la déviation de son cours, un îlot ou une terre d'alluvion devant une digue sur laquelle est érigée une machine élévatoire dûment autorisée, et que le gouvernement jugeât à propos de vendre ou de louer cet îlot ou cette terre, le propriétaire de cette machine aurait plein droit de creuser une rigole à travers ces terres d'alluvion dans le but d'alimenter la machine, sans qu'il lui soit rien réclamé de ce chef.

Art. 26. *Chargement et déchargement des barques.* — Il sera, en tout temps, permis aux propriétaires de barques de charger et de décharger leurs barques sur tous les débarcadères destinés à cet usage sur les digues du Nil ou des canaux, pourvu qu'il n'en résulte aucun dommage pour ces digues et que la circulation n'y soit point entravée.

Pour les débarcadères séparés de l'eau par des terrains appartenant à des particuliers et auxquels on ne pourrait parvenir par un autre chemin, les propriétaires de barques devront se mettre d'accord avec ces particuliers sur le tracé d'un chemin pour le passage des chargements de leurs barques, moyennant le paiement d'un prix de location raisonnable. En cas d'opposition de la part des propriétaires des terrains à traverser, ils seront obligés d'accepter le prix de location qui sera fixé par la commission mentionnée à l'article 27.

En général, les propriétaires de barques ne pourront construire ni réparer des barques, si ce n'est sur la banquette du côté de l'eau.

Art. 27. *Commission d'évaluation.* — Une commission est instituée pour fixer, à défaut d'accord amiable entre les parties, le montant de l'indemnité due, soit pour les terrains nécessaires à l'établissement de rigoles ou de drains, soit dans tous les autres cas prévus par le présent décret.

Cette commission sera composée du moudir ou de son délégué comme président, de l'ingénieur en chef et de deux notables de la province, choisis par chacune des parties intéressées.

En cas de partage des voix, celle du président sera prépondérante.

Si l'ingénieur en chef est absent ou empêché, l'inspecteur d'irrigation pourra désigner, pour le remplacer, le principal ingénieur adjoint.

Art. 28. *Les propriétaires de barques ne sont pas admis à réclamer contre le gouvernement.* — Les propriétaires de barques ou de la cargaison ne pourront prétendre à aucune indemnité de la part du gouvernement pour les retards occasionnés par la fermeture d'un canal ou pour l'insuffisance des eaux dans ce canal ou dans le Nil. Ils seront, autant que possible, avisés de cette fermeture.

Art. 29. *Naufrage ou échouement de barques.* — Si une barque venait à faire naufrage ou à échouer dans le Nil ou dans un canal public, ou dans un bassin, de façon à constituer un obstacle à la navigation ou au libre passage des eaux, le gouverneur ou le moudir invitera le propriétaire ou le raïs[1], qui est tenu d'en aviser le propriétaire de la cargaison, à enlever sa barque, et au cas où ce dernier ne se conformerait pas à cet ordre dans un

[1] Patron de la barque.

délai de huit jours après l'invitation, le gouverneur ou le moudir fera faire cet enlèvement aux frais du propriétaire, et ce dernier ne pourra prétendre à aucune indemnité de la part du gouvernement pour le dommage qui serait causé à la barque ou à son contenu pendant l'opération.

Si le propriétaire ne paie pas les frais d'enlèvement dans un délai de quinze jours après l'invitation qui lui en aura été faite, le gouverneur ou le moudir aura la faculté de vendre la barque et la cargaison. Le produit de la vente sera remis au propriétaire sous déduction desdits frais. Si les frais d'enlèvement sont supérieurs au prix de la barque et de la cargaison, et que le propriétaire se trouve en état d'indigence, l'excédent de la dépense sera supporté par le gouvernement.

Si une barque ayant coulé soit dans un canal étroit ou dans une écluse, soit devant l'ouverture d'une écluse ou d'un régulateur, etc., venait, soit à arrêter la navigation ou à la rendre très difficile, soit à diminuer le débit de l'eau dans le canal, ou à travers une écluse ou un régulateur, l'inspecteur prendra des mesures immédiates pour enlever la susdite barque de l'endroit dangereux et en informera en même temps le moudir.

Les frais d'enlèvement de la barque seront supportés par le gouvernement, mais le propriétaire n'aura rien à réclamer au gouvernement pour le dommage que cette manœuvre pourrait causer, soit au bateau lui-même ou à ses accessoires, soit à sa cargaison.

Quant à la procédure à suivre après que l'embarcation aura été retirée de l'endroit dangereux, elle aura lieu dans les conditions prescrites à la première partie du présent article.

ART. 30. *Établissement de bacs sur les canaux.* — Pour établir un bac sur un canal, outre l'autorisation du Ministère des Finances, il est nécessaire que l'établissement et le choix de l'emplacement soient approuvés par l'inspecteur d'irrigation.

Pour les anciens bacs, si l'inspecteur d'irrigation reconnaît que leur existence à l'endroit où ils sont établis est nuisible à l'irrigation ou à la navigation, et qu'il soit possible de les déplacer dans un endroit voisin sans entraver la circulation, il devra demander au moudir de les faire déplacer.

Si le déplacement n'est pas possible, l'inspecteur d'irrigation et le moudir s'adresseront, après entente, aux Ministères des Finances et des Travaux Publics, qui décideront, s'il y a lieu, la suppression des bacs ; dans ce cas, les bacs seront dégrevés de leur taxes et remplacés par un pont qui servira à la circulation publique ; les propriétaires des bacs n'auront droit à aucune indemnité envers le gouvernement.

ART. 31. — Il est défendu, sous les peines prévues par le Code pénal indigène, de subordonner ou de contraindre à un paiement quelconque d'un droit les barques autorisées à charger et à décharger leur cargaison sur les digues du Nil, d'un canal ou d'un drain public.

ART. 32. — Seront punis d'un emprisonnement de quinze jours à deux mois et d'une amende au moins égale au montant des restitutions qui sera arrêté par le Ministère des Travaux Publics, mais qui ne pourra excéder le double de ce montant :

1° Ceux qui, sans une autorisation spéciale :

A. Auront obstrué le cours des eaux par une digue, par un enrochement ou par un autre obstacle quelconque ;

B. Auront ouvert ou fermé les portes des écluses, ou touché à tout autre appareil servant à protéger les ponts ;

C. Auront enlevé une digue quelconque construite à travers un canal, dans le but de le fermer ou d'en réduire le débit ;

D. Auront établi sur les digues du Nil, d'un canal ou d'un drain public, une construction quelconque, roue hydraulique, sakieh, pompe, etc. (toutes constructions ou machines établies dans ces conditions seront immédiatement enlevées).

Les chadoufs, les natalehs et les vis d'Archimède pourront être établis sans autorisation, pourvu qu'aucune coupure ou dommage ne soit causé aux digues ;

E. Auront pratiqué une coupure dans les digues du Nil ou d'un canal d'irrigation ou d'écoulement, ou auront établi une prise pour le passage des eaux;

F. Auront enlevé la terre formant les digues;

G. Auront fait un changement quelconque dans une écluse ou une prise d'eau en maçonnerie, que cette écluse ou prise soit publique ou de propriété privée, construite sur une digue du Nil ou sur celle d'un canal public;

H. Auront emporté de la terre, des pierres, du bois ou tous autres matériaux des digues du Nil ou d'un canal, ou d'un ouvrage quelconque de protection, ou se seront livrés à des actes pouvant endommager les ouvrages d'art.

Les cheikhs des villages qui auront pris consignation de ces ouvrages d'art seront responsables administrativement desdits actes vis-à-vis du gouvernement s'ils ne l'ont pas avisé, à condition que les gardiens soient nommés par le gouvernement même.

2° Ceux qui auront enterré un cadavre dans les digues;

3° Ceux qui auront pris l'eau d'un canal, soit en ouvrant la prise du canal ou d'une rigole, soit en pratiquant une coupure dans la digue, soit par l'élévation artificielle, pendant les jours où l'inspecteur d'irrigation, ou toute autorité dûment déléguée, aura fait savoir que l'irrigation ne devait pas être faite.

Art. 33. — Seront punis d'une amende de 25 à 200 P. T.[1] et d'un emprisonnement de 5 à 30 jours :

1° Ceux qui, sans une permission par écrit de l'inspecteur des irrigations, auront déversé l'eau de drainage dans un canal public;

2° Ceux qui, sans une autorisation spéciale, auront construit sur un canal un pont quelconque permanent ou provisoire, ou y auront établi un tuyau ou un siphon.

Art. 34. — Seront punis d'une amende de 10 à 50 P. T.[2] et d'un emprisonnement de 24 heures à 15 jours :

1° Ceux qui auront déposé sur les talus ou sur les berges d'un canal la vase provenant des curages ou du creusement d'une rigole, d'une conduite de sakieh ou d'une machine à vapeur;

2° Ceux qui auront causé un dommage aux berges d'un drain public par l'écoulement des eaux se déversant des champs, ou un comblement dans le lit du drain par le limon ou le sable apportés du dehors par l'écoulement des eaux;

3° Ceux qui auront établi dans un canal des pieux destinés à attacher des filets pour la pêche.

Art. 35. — Seront punis d'une amende de 200 P. T.[3] ceux qui auront jeté dans le Nil, dans un canal ou dans un drain public, des animaux morts ou toute autre substance nuisible pouvant corrompre l'eau.

Les agents préposés à la garde devront toujours extraire le cadavre de l'eau et l'enfouir.

Art. 36. — Les peines de l'amende et de l'emprisonnement édictées par les articles 32, 33 et 34 pourront être appliquées séparément.

Art. 37. — Indépendamment de toute poursuite pour les contraventions ci-dessus, le contrevenant sera toujours tenu de rétablir les lieux en leur état primitif; s'il s'y refuse, les travaux nécessaires seront exécutés à ses frais par le gouvernement, et la somme dépensée sera recouvrée dans les formes et conditions prescrites par le décret du 25 mars 1880.

Art. 38. — Les condamnations seront prononcées par une commission administra-

[1] 25 piastres tarif valent 6,50 fr. et 200 piastres valent 52 francs.

[2] 2,60 à 13 francs.

[3] 52 francs.

tive composée du moudir, de l'ingénieur en chef ou de son remplaçant, et de trois notables de la même province à nommer par le Ministre de l'Intérieur.

La décision sera rendue à la majorité des voix.

Aucun recours ne sera admis si la condamnation ne porte que la peine de l'amende.

En cas de condamnation à l'emprisonnement, le condamné pourra se pourvoir en appel devant un comité spécial siégeant au Ministère de l'Intérieur et composé du sous-secrétaire d'État comme président, d'un conseiller khédivial et d'un délégué du Ministère des Travaux Publics.

L'appel devra être interjeté par une déclaration à la moudirieh ou au gouvernorat dans les trois jours qui suivront le prononcé de la décision.

Il ne sera recevable qu'à la condition que l'appelant justifie au moment même de la déclaration, d'avoir payé l'amende et le montant des restitutions auxquelles il aura été condamné, sauf droit à être remboursé en cas d'acquittement.

Art. 39. — Un règlement spécial arrêté par le Ministre de l'Intérieur établira la procédure à suivre, soit devant la commission, soit devant le comité spécial.

Art. 40. — Les cheikhs[1] et gaffirs[2] des villages et des kafres[3], les intendants des chifliks[4] et des ezbehs[5], des Domaines de l'État et de la Daïra Sanieh, seront responsables de la sauvegarde des digues et canaux et de tous travaux d'art qui se trouvent dans leurs circonscriptions respectives, et qui leur ont été consignés : en cas de contraventions, ils seront personnellement tenus des frais de remise en état des travaux si les auteurs restent inconnus.

Art. 41. — Le montant des frais et celui des amendes seront recouvrés conformément aux dispositions du décret du 25 mars 1880[6], en cas de non-recouvrement de l'amende, le condamné subira un emprisonnement de vingt-quatre heures pour chaque 30 P. E.[7] de l'amende. Cet emprisonnement sera ordonné par le moudir.

Art. 42. - Toutes les dispositions antérieures, contraires au présent décret, sont et demeurent abrogées.

Art. 43. — Nos Ministres de l'Intérieur, des Finances, des Travaux Publics et de la Justice, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

Arrêté du 16 juillet 1898. — Un arrêté a été pris par le Ministère de l'Intérieur, le 16 juillet 1898, en exécution de l'article 39 du décret sur les digues et canaux ; il règle, comme il est indiqué ci-après, la procédure à suivre par la commission des contraventions instituée en vertu de l'article 38 dudit décret.

Dans les vingt-quatre heures qui suivent le dépôt du procès-verbal de contravention à la moudirieh, un employé faisant fonction de greffier rédige une citation à comparaître qui est remise à l'inculpé par un agent de l'autorité administrative. L'inculpé doit comparaître en personne aux jour et

[1] Chefs des villages.
[2] Gardiens.
[3] Villages sur des monticules.
[4] Domaines.
[5] Lieux habités en dehors des villages.
[6] Voir annotation p. 346.
[7] 7,80 fr.

heure fixés. Le procès-verbal fait foi jusqu'à preuve du contraire; on le lit avec le rapport qui l'accompagne, l'inculpé présente ses moyens de défense et peut faire entendre des témoins ; il est tenu un procès-verbal d'audience; la commission prononce séance tenante sa décision motivée à moins qu'elle n'ordonne un supplément d'information; elle fixe alors le jour de la nouvelle audience dont le délai ne pourra dépasser quinze jours. Si l'inculpé ne se présente pas à la première audience et qu'il ait été régulièrement cité, la décision est rendue par défaut et n'est pas susceptible d'opposition ; s'il y a eu quelque irrégularité de citation, la commission ordonne une nouvelle assignation qui doit être faite dans les trois jours. Durant les rotations d'été, la commission doit se réunir au moins une fois par semaine. En cas d'appel fait aux termes de l'article 38 du décret sur les digues et canaux, l'inculpé doit d'abord verser l'amende et les restitutions auxquelles il a été condamné, et la déclaration d'appel est transmise dans les trois jours au Ministère de l'Intérieur avec le dossier de l'affaire. Le moudir exécute les décisions soit de la commission, soit du comité d'appel.

RESTRICTIONS APPORTÉES AUX ARROSAGES A CERTAINES ÉPOQUES

Tous les ans le service des irrigations détermine, suivant l'état du Nil, les rotations de chaque canal ou partie de canal, c'est-à-dire les périodes de fonctionnement et de chômage; ces décisions sont publiées de façon à être portées à l'avance à la connaissance des intéressés ; elles sont prises en vertu du décret sur les digues et canaux.

En outre, quand on prévoit un étiage insuffisant, l'administration avise les propriétaires des districts où l'on cultive le riz, dans le nord de la Basse Égypte, qu'ils feront mieux de ne faire de semailles qu'après le commencement de la crue, ce qui revient à dire qu'ils devront remplacer le riz par d'autres récoltes, ou ne cultiver que des espèces de riz qu'on sème en juillet; car le riz semé en avril demande pendant l'étiage de grandes quantités d'eau qu'on ne peut garantir; le riz du printemps est alors sacrifié au coton, culture plus générale et plus importante pour le pays.

Enfin, lorsque l'étiage est bas ou que la crue est en retard, on interdit formellement de semer le maïs avant une époque déterminée, afin de ne pas distraire pour cette culture, qui peut attendre sans trop d'inconvénient jusqu'en août, une partie de l'eau nécessaire au coton alors sur pied.

Cette dernière interdiction est actuellement réglée par le décret du 16 mai 1903 de la façon suivante :

L'interdiction peut être prononcée pour une période quelconque comprise entre le 15 mai et le 31 juillet. Elle ne s'applique pas aux légumes et aux cucurbitacées, ni aux terres réservées pour le maïs et cultures analo-

gues dont l'arrosage peut s'effectuer au moyen d'eau puisée dans des puits n'ayant de communication avec aucun canal, mais recevant uniquement leur eau des nappes souterraines, ni aux îlots entourés d'eau de tous côtés, ni aux terrains situés le long des deux branches du Nil et enserrés entre le fleuve et ses digues.

Les contraventions à ce décret sont jugées par la commission prévue à l'article 38 du décret sur les digues et canaux ; les condamnations peuvent être de quinze jours à deux mois de prison ou d'une amende de 26 francs à 520 francs, sans préjudice du droit de procéder, par voie administrative, à l'arrêt immédiat de tout appareil ou machine élévatoire.

Les chefs et notables des villages sont personnellement tenus d'assurer l'exécution rigoureuse de cette interdiction et de dénoncer les contraventions dans les vingt-quatre heures, sous peine des condamnations édictées dans le décret du 16 mars 1895, qui les régit.

GARDIENNAGE ET PROTECTION DES DIGUES PENDANT LA CRUE DU NIL

Un décret du 25 janvier 1881 stipule que, sauf quelques exceptions, la prestation en nature est due par tous les habitants du pays, du sexe masculin, valides, âgés de quinze ans et au-dessus, jusqu'à cinquante ans. Cette prestation ou corvée, qui était due autrefois pour tous les travaux d'entretien des digues et de curage des canaux, était une lourde charge pour la population ; elle n'est plus appliquée aujourd'hui qu'au gardiennage et à la défense des digues pendant la crue du Nil, et elle est réglementée par le décret du 29 juin 1899. Ce décret, qui résume l'organisation des derniers vestiges de la corvée, et qui présente une grande importance au point de vue de la préservation de l'Égypte pendant les crues, est reproduit ci-après presque intégralement.

Décret du 29 juin 1899.

Article Premier. — Les populations de l'Égypte sont chargées du gardiennage et de la surveillance des berges et des ponts durant l'époque de la crue du Nil, conformément aux dispositions du décret du 24 safar 1298 (25 janvier 1881).

Art. 2. — Le 15 juin de chaque année, le Ministère des Travaux Publics désignera aux moudiriehs les postes qui doivent être gardés et surveillés, ainsi que le nombre d'hommes qu'elles devront fournir à cet effet.

Art. 3. — Le 1er juillet une assemblée se réunira annuellement dans chaque moudirieh sous la présidence du moudir ou de son représentant ; elle sera composée des mamours de merkez [1], de l'ingénieur en chef de la province et de quatre omdehs [2] de chaque merkez.

Ces omdehs seront choisis par tous les omdehs du merkez, dans une réunion qui

[1] Chefs de districts.

[2] Notables.

aura lieu sous la présidence du mamour avant la convocation de l'assemblée au siège de la moudirieh.

Le moudir ou son représentant communiquera à l'assemblée les instructions qui lui auront été adressées par le Ministère des Travaux Publics, relativement au nombre d'hommes à fournir pour le service du gardiennage. L'assemblée déterminera le contingent d'hommes à fournir par chaque merkez et chaque village d'après les registres de recensement existant à la moudirieh.

Art. 4. — Tout omdeh est tenu d'adresser à la moudirieh, avant le 15 juillet, un état nominatif de tous les corvéables de son village.

L'état contiendra la durée de service de chaque cheikh [1].

Art. 5. — Le nombre d'hommes reconnu nécessaire par le Ministère des Travaux Publics se rendra aux postes désignés le 1er août ou à toute autre date qui sera fixée par ledit Ministère, suivant l'état de la crue. Ces hommes ne devront pas être tenus en corvée plus de quinze jours de suite; ils ne pourront être appelés une seconde fois que lorsque tous les corvéables inscrits auront été appelés les uns après les autres, à tour de rôle.

Art. 6. — Si l'un des hommes portés sur la liste adressée à la moudirieh par l'omdeh manque, sur l'appel de son cheikh, de se rendre au poste où il doit faire le service de gaffir [2], ou commet une contravention dans l'exercice de ses fonctions de gaffir, il sera jugé par une commission instituée dans chaque merkez et composée du mamour du merkez ou de son représentant, en son absence, comme président, et de quatre omdehs choisis, aux termes de l'article 3, par les omdehs du merkez pour assister à l'assemblée du gardiennage du Nil, dans la moudirieh, et condamné à l'une des peines suivantes :

1° Une amende de 25 à 100 P. E. [3];

2° Une amende au-dessus de P. E. 100 à P. E. 1000 [4] ou un emprisonnement de cinq jours à trois mois.

La réunion de la commission ne sera valable que si deux omdehs au moins sont présents avec le mamour du merkez ou son représentant.

Le mamour pourra, au cours de ses inspections sur les digues, loin du siège de son merkez, former sur place et sous sa présidence, une commission composée de quatre omdehs choisis par lui dans les villages voisins, afin de juger les contraventions et les retards qui seraient constatés pendant ces inspections.

Le cheikh du village sera tenu de fournir immédiatement un homme en remplacement de celui qui aura été condamné.

Art. 7. — Tout omdeh ou cheikh qui aurait négligé de fournir, en tout ou en partie, le nombre d'hommes dû, ou qui ne se serait pas rendu au poste dont il a la garde, ou qui aurait quitté le poste sans autorisation, ou enfin qui n'aurait pas exercé la surveillance qui lui incombait, sera jugé par la commission administrative visée à l'article 2 du règlement des omdehs et cheikhs et subira les peines disciplinaires édictées dans les articles 9 et 10 du même règlement, l'amende pouvant être portée jusqu'à 2 000 P. E.. [5]

Art. 8. — Le mamour du merkez chargé de surveiller les postes des gaffirs, est tenu de prendre immédiatement les mesures nécessaires pour remplacer le cheikh retardataire au poste de gardiennage.

Art. 9. — Il sera institué dans la moudirieh, sous la présidence du moudir ou de son

[1] Chef de village.

[2] Gardien.

[3] 6,50 fr. à 26 francs.

[4] 26 francs à 260 francs.

[5] 520 francs.

wékil[1] en son absence, une commission composée de quatre omdehs qui seront choisis par l'assemblée visée à l'article 5 pour statuer sur les recours en appel.

Le mamour du merkez peut demander la revision, par la commission d'appel, de tout jugement rendu par la commission de première instance. Le contrevenant ne peut appeler que dans le cas du paragraphe 2 de l'article 6.

Si l'un des membres de la commission de première instance qui ont prononcé le jugement poursuivi en appel se trouve être aussi membre de la commission d'appel, lors de la revision dudit jugement, il ne pourra siéger que si les autres trois membres sont présents.

La réunion de la commission d'appel ne sera valable que si deux omdehs au moins sont présents, dont ni l'un ni l'autre ne devra avoir pris part au jugement poursuivi en appel. . . . .

En plus de cette organisation régulière et permanente de la surveillance des digues pendant la crue, aussitôt que la crue du Nil a atteint la hauteur de 24 pics[2] au nilomètre du Caire, toute personne apte au travail peut être requise par les moudirs et les gouverneurs (décret du 7 septembre 1887) pour concourir aux travaux de défense contre l'inondation dans la localité qui présenterait un danger, à la condition que les réquisitions soient faites dans les localités les plus proches des points menacés. Même lorsque le Nil n'a pas atteint la hauteur de 24 pics, le moudir ou le gouverneur peut exercer le même droit de réquisition, s'il juge qu'il y a danger imminent, et à condition de faire sanctionner cette mesure dans les vingt-quatre heures par le Ministère des Travaux Publics.

Toute personne refusant son concours dans ces cas de réquisition, ou empêchant une autre personne de prêter son concours, est punie par une commission administrative d'un emprisonnement de vingt jours à trois mois ou d'une amende de 26 francs à 260 francs avec faculté d'appel, en cas de condamnation à la prison, devant une autre commission siégeant au Ministère de l'Intérieur.

REMISE DES IMPOTS EN CAS DE NON ARROSAGE DES TERRES

Toutes les terres cultivables d'Égypte paient l'impôt foncier. Mais il est probable que, de toute antiquité, chaque fois qu'une terre n'était pas inondée par le Nil et restait, par ce fait, improductive, le gouvernement lui accordait la remise des impôts pour l'année de stérilité.

Les Arabes avaient même établi une échelle mobile du tribut à payer, suivant la hauteur que la crue atteignait aux nilomètres; c'est une des raisons de l'attention que les conquérants de l'Égypte ont toujours portée à la reconstruction et à la réparation de ces échelles.

Actuellement l'impôt est fixe ; il varie avec la qualité de la terre. Il

[1] Moudir suppléant.

[2] Altitude 20.05 m.

dépend en outre de la catégorie légale de cette terre. En Égypte, comme dans tous les pays de conquête musulmane, il y a, en effet, deux catégories de terres, celles dites *Karadji*, qui ont été laissées à la population et qui paient le tribut, et celles dites *Ouchouri*, qui ont été prises par les conquérants et qui paient seulement la dîme. Les meilleures terres karadji paient 107 francs d'impôt par hectare dans la Basse Égypte et 94 francs dans la Haute Égypte; quant aux terres ouchouri, elles paient au maximum 60 francs par hectare dans la Basse Égypte et 41 francs dans la Haute Égypte. Mais cette distinction entre les terres karadji et les terres ouchouri est en train de disparaître. Un décret du 10 mai 1899 établit que toutes les terres, quelles qu'elles soient, paieront un impôt égal à 28,64 p. 100 de leur valeur locative moyenne, avec un maximum de 101,50 fr. par hectare. Cette mesure est en cours d'exécution progressive.

Toutefois le gouvernement considère qu'il n'est pas juste de réclamer ces impôts lorsque les terres sont restées incultes pendant l'année, faute d'arrosage, et, suivant les usages traditionnels, il les dégrève lorsque l'eau de la crue ne les a pas atteintes ; ce dégrèvement est cependant soumis à certaines restrictions. (Décision du Conseil des Ministres du 8 novembre 1888.)

Ainsi les régions où se pratique l'irrigation permanente sont regardées comme jouissant d'avantages suffisants pour leurs cultures pendant toute l'année, et aussi d'assez de facilités pour amener l'eau au niveau des terres, même quand la crue est basse, et comme n'ayant, par suite, aucune raison pour réclamer un dégrèvement pour manque d'eau. Aussi les terrains du Delta, en général, ne peuvent être dégrevés de tout ou partie des impôts que dans des cas exceptionnels à examiner par le Ministère des Finances ; les terrains arrosés par le canal Ibrahimieh et ceux du Fayoum ne peuvent être dégrevés dans aucun cas.

Quant aux terres hautes en bordure du Nil, aux îles, aux enceintes endiguées (hochas) pour la culture du nabari dans la région des bassins et éloignées des bords du Nil, enfin aux surfaces des bassins, qui n'ont pu être cultivées parce que les eaux de la crue ne les ont pas atteintes, elles sont dégrevées d'impôts, en totalité si elles restent stériles pendant toute l'hiver, et, pour moitié seulement, si elles ont pu être arrosées au moyen de machines.

Il est à remarquer que les dégrèvements ne sont accordés que pour manque d'eau pendant la crue, et non pour manque d'eau pendant le reste de l'année. Le gouvernement distribue l'eau d'étiage disponible, comme il le peut ; s'il n'en vient pas assez dans les canaux, c'est un aléa dont les cultivateurs supportent entièrement les conséquences.

RÉGIME DES PROPRIÉTÉS QUI BORDENT LE NIL

Il existe souvent, sur les bords du Nil, entre les digues de défense, des terres basses qui sont ensemencées au fur et à mesure que les eaux baissent et dont la surface cultivable varie chaque année avec le niveau de l'étiage. Tous les ans, les parties cultivées de ces terres basses sont mesurées et l'on n'applique l'impôt qu'aux superficies qui portent des récoltes. Les territoires ainsi compris entre les digues du Nil sont considérés comme faisant partie du lit du fleuve et sont soumis au contrôle des agents du Ministère des Travaux Publics, qui ont le droit d'y empêcher toute digue, toute construction ou tout établissement de machine susceptible, à un moment donné, de recevoir le choc des eaux et de rejeter le courant en dehors de sa direction normale.

Le Code égyptien stipule seulement que les alluvions apportées lentement par les fleuves appartiennent aux propriétaires riverains (art. 60 du Code civil); mais quand le Nil, par suite du déplacement de son courant, enlève des portions de terres hautes le long de ses rives et crée au milieu de son lit des îles nouvelles, c'est la loi sur la propriété territoriale de 1858 qui règle les attributions des terrains déplacés et des îles formées, de la manière suivante :

1° Si le mouvement des eaux amène une perte dans les hautes terres d'une commune quelconque et qu'il se forme par alluvion un fonds en communication avec la commune victime de la perte, quoique communiquant en même temps avec d'autres terres, ce fonds servira à remplacer les terres perdues et, en cas d'insuffisance, la partie non remplacée sera dégrevée des charges qui l'affectaient. Si le fonds excède la superficie des terres perdues, l'excédent sera mis en adjudication aux enchères publiques, auxquelles seront appelés les habitants des communes en communication avec le fonds. Si le fonds ne communique pas avec la commune qui a subi la perte, mais avec une autre commune non victime, il sera mis en vente aux enchères publiques et adjugé au plus offrant et dernier enchérisseur, et fera partie intégrante de la circonscription territoriale de la commune.

2° S'il se forme une île ou un îlot au milieu du fleuve entre deux eaux et que le courant ait atteint d'un seul côté les hautes terres riveraines soumises à l'impôt, les terres perdues seront, jusqu'à concurrence de la superficie perdue, dégrevées des charges qui les affectaient et l'île ou l'îlot sera mis en vente et adjugé au dernier enchérisseur parmi les habitants exclusifs des communes situées vis-à-vis de l'île ou de l'îlot et fera partie intégrante de la circonscription territoriale de la commune de l'adjudicataire.

3° Si l'îlot se forme sans aucune perte subie par les terres riveraines soumises à l'impôt, il sera mis en vente pour être adjugé au dernier enchérisseur parmi les habitants des communes situées vis-à-vis de l'îlot et sera ajouté à la circonscription territoriale de la commune de l'adjudicataire. Les parties de cet îlot qui pourraient être par la suite enlevées par les eaux seront, après constatation de la superficie perdue, sujettes à dégrèvement. Dans les cas où il y aurait, au contraire, augmentation par alluvion, l'augmentation sera, sans formalité d'enchère, concédée à l'adjudicataire de l'îlot et aux conditions mêmes de l'adjudication.

Cette loi, qui est assez vague, est la seule qui règle l'attribution de propriété le long des bords du Nil. Et cependant cette question, par suite du long parcours de ce fleuve, est fort importante ; il naît en effet des litiges continuels à cette occasion, soit entre les communes, soit entre les contribuables riverains, et en attendant qu'une loi plus complète et mieux définie régisse cette matière, l'administration est obligée de pourvoir à l'insuffisance de la législation par des mesures prises sans règles fixes ou de se référer aux us et coutumes de chaque localité.

EXPROPRIATION POUR CAUSE D'UTILITÉ PUBLIQUE

L'État a le droit d'exproprier pour cause d'utilité publique les propriétés particulières appartenant aux indigènes et aux étrangers.

L'expropriation est régie, pour les indigènes, par un décret en date du 17 février 1896 et par un décret modificatif du 12 juin de la même année.

Pour les étrangers, c'est le code mixte et la jurisprudence des tribunaux mixtes qui règlent les conditions de l'expropriation.

CHAPITRE XIV

AGRICULTURE

Développement agricole de l'Égypte. — Cultures. — Aménagement des terres. — Engrais. — Mode d'exploitation des terres. — Exemple d'une grande propriété rurale. — Rendement des terres.

DÉVELOPPEMENT AGRICOLE DE L'ÉGYPTE

Les deux principaux éléments qui servent de base à l'établissement des projets d'irrigation sont ;

1° Les besoins de chaque espèce de culture ;

2° La superficie des terres cultivées à desservir.

Ces deux éléments sont variables avec les saisons; leur étude a trouvé sa place dans les pages relatives aux bassins d'inondation et aux canaux d'arrosage. Mais un travail sur l'irrigation de l'Égypte ne saurait être complet s'il ne donnait au moins quelques indications sur les procédés de culture, l'aménagement des terres, le produit des récoltes et le rendement du sol, car tout cela est, à vrai dire, la conséquence absolue de l'irrigation même; tel sera l'objet de ce dernier chapitre.

Avant d'aborder ces questions, il convient toutefois de jeter un coup d'œil rapide en arrière et de donner une idée du développement dont l'agriculture est redevable aux divers perfectionnements apportés dans la distribution des eaux et exposés dans le cours de cet ouvrage.

En 1890, la production annuelle du pays était, en moyenne, de 175 000 tonnes de coton égrené; en 1900, elle est devenue égale à 275 000 tonnes. De même, de 1890 à 1900, la quantité moyenne annuelle de canne à sucre travaillée dans les usines a passé de 420 000 tonnes à 630 000 tonnes.

Ces chiffres, qui s'appliquent aux deux récoltes les plus riches de l'Égypte, sont éloquents par eux-mêmes. L'accroissement de production qu'ils font ressortir est dû à trois causes principales :

L'extension des cultures sur des terres qui étaient autrefois stériles faute de moyens d'arrosage ou de drainage;

La pratique d'assolements correspondant à des superficies plus grandes affectées au cotonnier et à la canne à sucre et rendus possibles par l'amélioration du débit et de la distribution de l'eau dans les canaux pendant l'étiage;

Enfin, un meilleur rendement du sol en général sous l'influence d'une fourniture d'eau plus abondante et mieux assurée et d'un drainage plus efficace.

Par une suite naturelle, la valeur de la propriété foncière s'est accrue dans des proportions considérables. Sans tenir compte des terrains, incultes autrefois, qui sont aujourd'hui en pleine production, les bonnes terres du Delta ont au moins doublé de prix depuis dix ans; ce qui valait de 2500 à 3000 francs l'hectare en vaut de 5000 à 6000 aujourd'hui; et, à ce prix, le revenu net est encore de 5 à 6 p. 100.

CULTURES

Rappelons que les cultures, en Égypte, se divisent en trois groupes :

Les cultures d'hiver ou *chetoui* : céréales, fèves, plantes fourragères, etc., qui se font dans toute l'Égypte et qui se développent d'octobre à mai;

Les cultures d'été ou *sefi* : coton dans la Basse et la Moyenne Égypte, canne à sucre dans la Moyenne et la Haute Égypte, riz au nord de la Basse Égypte, qui sont sur pied depuis le printemps jusqu'à l'automne;

Les cultures intercalaires : maïs et sorgho, qui poussent dans toute l'Égypte de juillet à octobre (cultures *nabari* ou *nili*), pendant la crue, et aussi, dans les bassins d'inondation (culture *qedi*), avant la crue, de mai à août.

Blé. — Le blé est une culture d'hiver; on le sème après la crue, soit vers la fin d'octobre ou dans le mois de novembre, suivant les régions, et la récolte se fait vers la fin de mars ou dans le mois d'avril.

Dans les bassins d'inondation, on le sème sur un terrain encore boueux, puis on roule le sol avec un tronc de palmier, simplement pour recouvrir le grain. Quelquefois, lorsqu'on a fait les semailles dans un sol plus consistant, on fait un labour après les semailles. On ne donne pas d'eau aux terres jusqu'à la récolte.

Dans les terres irriguées, on fait un premier labour avant les semailles et un second après. La terre a été arrosée et lavée avec l'eau de la crue avant le premier labour, on ne donne plus ensuite que deux arrosages, le premier soixante jours et le second quatre-vingt-dix jours après les semailles.

Dans les terres hautes qui ne reçoivent pas l'eau de la crue, il faut quelquefois quatre, cinq et même six arrosages.

Le blé cultivé en Égypte est une sorte de blé dur contenant beaucoup de fécule.

La quantité de semence employée est en moyenne de 1,70 hect. par hectare dans les bassins et de 2,10 hect. à 2,30 hect. dans la Basse Égypte.

Le produit de la récolte peut s'élever sur les meilleures terres jusqu'à 26 hectolitres[1] par hectare; sur des terres de qualité moyenne, il est de 19 hectolitres[2].

Le prix moyen de l'hectolitre de blé étant de 11 francs[3], le produit brut de l'hectare de qualité moyenne est de 209 francs, auxquels il faut ajouter le prix de la paille du blé qui est soigneusement recueillie pour la nourriture des bestiaux et même pour le chauffage des machines à vapeur d'irrigation. La quantité de paille est à peu près de 90 kilogrammes par hectolitre de blé, ce qui représente environ 1 700 kilogrammes par hectare à 2,80 fr. les 100 kilogrammes, soit 47,60 fr. par hectare. Le produit brut total de l'hectare de blé est donc en moyenne de 255 francs[4].

Le battage du blé et le hachage de la paille s'opèrent avec un instrument appelé *noreg*, de la façon suivante : on étend le blé suivant une zone circulaire, sur une aire en terre durcie; une paire de bœufs ou de buffles passe sur la piste ainsi tracée en traînant une sorte de chariot en bois, composé d'un siège sur lequel se tient le conducteur et porté par deux rouleaux en bois garnis de distance en distance de disques saillants en tôle; le passage de ces disques sur lesquels roule le noreg et le piétinement des animaux détachent le grain de son enveloppe et brisent en même temps la paille.

Orge. — L'orge est, comme le blé, une culture d'hiver qui est très répandue en Égypte.

Dans la partie la plus méridionale de la Haute Égypte, au sud de la région des bassins, on la sème à la fin de novembre, après avoir donné à la terre un premier labour, l'avoir divisée en carreaux par de petites digues et l'avoir submergée au moyen de chadoufs et de sakiehs. On est obligé de l'arroser artificiellement tout le temps que la récolte reste sur pied, soit jusqu'à la fin de mars.

Dans les bassins, l'orge est cultivée, comme le blé, sur les terres inondées, après que la terre s'est un peu séchée, avec un labour ou sans labour suivant les cas; mais quand on ne fait pas de labour, on est obligé d'augmenter la quantité de semence.

[1] 5 ardebs et demi par feddan.
[2] 4 ardebs par feddan.
[3] Ces prix sont basés sur ceux de 1902 de l'administration des Domaines de l'Etat.
[4] 4 L. E, 150 par feddan.

Dans le Delta, la culture de l'orge se fait aussi comme celle du blé et en même temps que cette dernière, après la crue et avec deux ou trois arrosages artificiels.

La quantité de semence employée varie de 1,10 hect. à 2,20 hect. par hectare, suivant la nature des terres.

Le produit de la récolte est très variable; il peut s'élever en certains points de la Basse Égypte jusqu'à 40 hectolitres par hectare [1]; mais le plus souvent il ne dépasse pas la moitié, soit 20 hectolitres par hectare.

Le prix de l'hectolitre d'orge est actuellement de 6,30 fr.

Un hectolitre d'orge correspond à peu près à une quantité de paille de 75 kilogrammes qui vaut en moyenne 2,40 fr. les 100 kilogrammes.

Le produit brut d'un hectare semé en orge est donc en moyenne de 163 francs [2].

L'orge est surtout utilisée pour la nourriture des bestiaux.

Maïs et dourah. — Le maïs et le dourah, sorte de sorgho (*holcus sorghum*), sont deux plantes qui jouent un rôle spécial dans l'agriculture de l'Égypte, en ce sens que ce sont elles qui fournissent au paysan la plus grande partie de son alimentation. Aussi ils sont cultivés dans toute l'étendue de la contrée et, comme ce sont des produits qui mûrissent vite, ils entrent dans le régime agricole du pays pour constituer une culture intercalaire entre les cultures d'été et les cultures d'hiver.

Le maïs ne reste en moyenne que trois mois sur pied.

Dans la région des bassins, on cultive le maïs soit sur les terres hautes des bords du Nil ou des bassins, soit dans certaines parties basses des bassins eux-mêmes, où l'on peut, en creusant peu profondément, rencontrer des eaux d'infiltration qu'on élève au moyen de chadoufs jusqu'à la surface du sol. Dans ce dernier cas, les semailles se font au mois de mai, de façon à ce que les récoltes puissent être enlevées vers le milieu d'août, lorsque les bassins se remplissent. Dans le premier cas, les semailles se font en juillet et août, au moment où les eaux du fleuve sont déjà assez hautes pour faciliter l'arrosage; parfois la crue atteint un niveau assez élevé pour que le pied des récoltes soit naturellement baigné dans l'eau pendant quelques jours, ce qui diminue les frais d'irrigation, sans causer grand dommage aux récoltes.

Pour cette culture, on divise le terrain par de petites digues en carrés de 25 à 30 mètres de surface et on sème le grain dans des fosses de 10 centimètres de profondeur, on recouvre le grain, puis on commence les arrosages. On donne d'abord de l'eau pendant plusieurs jours de suite pour

[1] 8 ardebs 3 dixièmes par feddan.

[2] 2 L. E, 550 par feddan.

bien humecter la terre et activer la germination, puis on arrose régulièrement tous les huit ou dix jours. Ces cultures sont pénibles parce que, se faisant au moment de la grande chaleur, elles exigent beaucoup d'eau.

Dans la Basse Égypte et dans toutes les terres irriguées, le maïs se cultive aussi, soit comme culture de printemps semée en mai, soit comme culture d'automne semée en juillet et août. On s'arrange toujours pour que les semailles soient faites dans des endroits ou à une époque où l'arrosage puisse se faire par des chadoufs ou sans élévation d'eau et, autant que possible, sans sakieh et sans machines à vapeur, car ce sont des cultures qui doivent être économiques.

Dans les régions d'irrigation, comme le régime agricole y est plus intensif que dans les bassins d'inondation, on doit hâter le développement du maïs avec des engrais pour que les plants restent le moins possible en terre et fassent place à d'autres récoltes. On emploie, à cet effet, des cendres et des terres provenant des ruines de vieilles villes et on en répand environ 7 à 8 tonnes par hectare. On laboure ensuite et on sème, soit dans des trous, soit dans des sillons, puis on divise les champs en carreaux, comme il a été dit plus haut, et on donne un arrosage tous les quinze jours pendant deux mois et demi à trois mois, soit six arrosages environ.

La quantité de semence employée est d'un peu moins d'un hectolitre par hectare.

Le produit de la récolte est très variable ; on peut obtenir jusqu'à 25 hectolitres[1] par hectare dans les bonnes terres et, comme moyenne pour l'Égypte, la moitié, soit 12,50 hect. par hectare.

Le prix moyen est de 8 francs l'hectolitre.

La paille du maïs est employée principalement pour brûler dans les chaudières des machines à vapeur, elle se vend 1 franc les 100 kilogrammes et représente, pour une production de 12,50 hect. par hectare, un poids de 900 kilogrammes environ.

Le produit brut moyen d'un hectare de maïs est donc, y compris la paille, de 110 francs[2].

Tout ce qui vient d'être dit du maïs se rapporte à peu de choses près au dourah qui donne cependant des rendements un peu plus forts ; il n'y a donc pas lieu de s'occuper spécialement de cette plante qui est tout à fait similaire à celle du maïs comme mode de culture et comme produit.

Riz. — La culture du riz se pratique surtout dans le nord de la Basse Égypte. Dans cette partie, les terres sont basses, on peut donc les arroser facilement. Pour élever l'eau, dans les cas où c'est nécessaire, on emploie

[1] 5 ardebs par feddan.
[2] L. E. 1,800 par feddan.

des tabouts et, suivant la hauteur d'élévation, on met de une à trois de ces roues pour 4 hectares.

Le riz se cultive en été: on le sème au commencement d'avril; la quantité de semence généralement employée est de 1,70 hect. par hectare. Il y a également une espèce de riz qu'on sème en juillet et qui pousse plus rapidement.

La terre, avant d'être ensemencée, est couverte d'eau pendant plusieurs jours; on la laboure ensuite suivant deux directions rectangulaires, puis on fait un troisième labour, on submerge le sol, on le roule, on le nettoie, on le divise en bassins par de petites digues et enfin on jette la semence dans la boue qui s'est formée après ces diverses opérations; deux jours après l'ensemencement, on recouvre la terre de 5 centimètres d'eau pendant deux ou trois jours, on laisse s'écouler l'eau, on en donne de nouveau et ainsi de suite jusqu'à la récolte. Souvent on donne de l'eau en quantité beaucoup plus grande. On sarcle les rizières de temps en temps.

La récolte a lieu vers le milieu de novembre et comme, à cette époque de l'année, il y a beaucoup d'eau sur les terres basses, elle se fait parfois sous 25 à 30 centimètres d'eau.

Le riz une fois récolté est battu et blanchi dans des moulins spéciaux; on calcule que 5 hectolitres de riz brut donnent 4 hectolitres de riz blanchi.

La production moyenne est de 1 800 kilogrammes de riz brut par hectare; elle est d'ailleurs très variable et peut atteindre le double de cette quantité.

C'est une culture qu'on fait surtout sur les terres basses et salées pour les améliorer avant de leur faire porter d'autres récoltes, et elle est alors peu rémunératrice; mais dans les bonnes terres et comme culture intercalaire, elle donne un revenu même supérieur à celui du maïs.

Canne à sucre. — La canne à sucre forme la culture d'été la plus importante de la Haute Égypte; elle ne vient que dans des terres irriguées et elle ne prospère que dans un sol de bonne qualité. Ainsi, dans certaines parties de la région de l'Ibrahimieh et du Fayoum où elle poussait bien autrefois, on avait dû renoncer à la cultiver parce que les terres, n'ayant pas d'égouttement suffisant, s'étaient appauvries et que le rendement en étai devenu trop faible.

Actuellement il n'y a pas de culture de canne à sucre un peu étendue au nord de la province de Benisouef.

Voici comment on organise ces cultures :

La terre est défoncée, autant que possible à la charrue à vapeur, après quoi, elle reçoit trois labours croisés, quelquefois deux seulement; ces façons sont données du mois de mars au mois de février de l'année suivante, en espaçant suffisamment les labours.

En février, on trace les sillons pour la plantation à la pioche ou à la charrue ; ces sillons ont environ 15 centimètres de profondeur. La plantation se fait en lignes, en couchant dans les sillons des boutures de 40 à 50 centimètres de longueur, sur deux rangs en quinconce; ces boutures sont ensuite enterrées à la pioche. On plante ainsi la canne à raison de 7,500 kilogrammes de tige par hectare. Cette opération a lieu en mars et en avril.

Après la mise en sillon des boutures, on donne immédiatement un arrosage. Ensuite les arrosages se succèdent de dix jours en dix jours jusqu'à la fin d'août ; à partir de cette époque, jusqu'à la fin d'octobre, on n'arrose plus que tous les quinze ou vingt jours, suivant les apparences de la végétation. Après octobre, on n'arrose plus jusqu'à la récolte qui se fait depuis la fin de décembre jusque vers le 15 mars.

La canne peut, après une coupe, donner encore de bonnes tiges l'année suivante. On évite ainsi les frais de plantation. La seule façon à donner à la terre dans ce cas consiste à labourer, puis à butter la plante à la charrue, quand les pousses atteignent 15 à 20 centimètres de hauteur.

La canne, une fois mûre, est coupée et enlevée à dos de chameau jusqu'à un chemin de fer agricole, puis chargée sur les wagons et transportée jusqu'à l'usine où elle subit les préparations ordinaires.

Le rendement de l'hectare est très variable suivant la qualité de la terre et l'abondance des arrosages. On obtient facilement 68 tonnes par hectare [1], en cannes de prmière année et 38 tonnes [2] en cannes de seconde année.

La moyenne des rendements en sucre obtenus en 1901 dans les usines de la Daïra Sanieh [3] a été :

Pour le sucre.	1er jet	9,80	p. 100 du poids de la canne.
	2e jet	0,43	— —
	3e jet	0,16	— —
	Total	10,39	
Mélasse		2,23	
	Total	12,62	p. 100 du poids de la canne.

La canne est achetée par les usines à 15,75 fr. la tonne [4]. Si l'on admet un rendement moyen de 50 tonnes par hectare [5], le revenu brut d'un hectare sera de 787,50 fr., plus environ 15,50 fr. de feuilles, soit en tout 803 francs [6].

[1] 640 cantars par feddan.

[2] 360 cantars par feddan.

[3] Grande administration gouvernementale qui possédait autrefois presque toutes les sucreries de la Haute et de la Moyenne Égypte. Ces usines viennent d'être cédées à la Société générale des sucreries et de la raffinerie d'Égypte qui possédait déjà trois autres grandes sucreries.

[4] L. E., 0,0275 le cantar.

[5] 500 cantars par feddan.

[6] Environ L. E., 13 par feddan.

Trèfle, fenu grec, gesse, pois des champs. — Le trèfle est un fourrage très répandu dans toute l'Égypte (*trifolium Alexandrinum*). Il se cultive pendant l'hiver et aussi pendant l'automne.

Dans ce dernier cas, on le sème sous le maïs, dans le courant de novembre, un mois environ avant la maturité de cette dernière récolte, on profite ainsi de l'arrosage du maïs et, une fois cette plante enlevée, il suffit de donner un arrosage au trèfle avant la coupe qui se fait cinquante à soixante jours après les semailles. On emploie environ 90 litres de semence par hectare.

Quant au trèfle d'hiver, dans les bassins, on le sème sans labour sur les terrains inondés, dans le mois de novembre, à raison de 100 à 110 litres de graine par hectare, on roule le sol avec un tronc de palmier et on fait une première coupe au bout de quarante à quarante-cinq jours et une seconde trente jours après. Dans les parties où l'on veut récolter la graine, on ne fait qu'une seule coupe.

Dans la Basse Égypte, le trèfle d'hiver se sème vers la même époque, soit en novembre, après un labour et un roulage et sur un terrain divisé en carrés par de petites digues ; on donne 110 litres de semence par hectare. On fait généralement trois coupes, la première soixante jours après les semailles, la seconde trente jours après. La récolte reste donc sur pied environ quatre mois et demi. Parfois on ne fait que deux coupes. Enfin, souvent les différentes coupes sont mangées sur pied, dans les champs mêmes, par les bestiaux.

Ce n'est guère que pendant les deux mois à deux mois et demi d'hiver qu'on donne en Égypte des fourrages verts aux animaux, et l'on compte que dix bœufs consomment à peu près en vert un hectare de trèfle. Ces bestiaux contribuent en même temps à fumer la terre sur laquelle ils paissent ; mais la plus grande partie de la fiente est recueillie pour être séchée et transformée en mottes à brûler. On a actuellement une tendance à laisser plus longtemps sur pied le trèfle pour améliorer le régime des bestiaux.

Une récolte de trèfle réclame en moyenne huit arrosages, soit à peu près un tous les quinze jours.

Dans la région des rizières, le trèfle se sème aussitôt après la récolte du riz, soit vers la fin de novembre, sans autre préparation du sol que de le recouvrir de quelques centimètres d'eau pendant deux ou trois jours.

La gesse et les pois se cultivent surtout dans la Haute Égypte ; on arrache ces fourrages au bout de soixante jours pour être mangés en vert.

Le fenu grec ou helbé est une plante fourragère dont la graine est comestible ; il est, comme espèce, voisin des mélilots. On le cultive comme le trèfle et on l'arrache soixante ou soixante-dix jours après les semailles.

Fèves. — La fève est une des plantes qui prospère le plus en Égypte ; elle y est d'ailleurs très répandue. C'est une culture d'hiver.

Dans les bassins, on la sème sur les terres inondées. au commencement de novembre, sans labour. La récolte se fait en février et mars. La quantité de semence employée est de 3 à 4 hectolitres par hectare.

Dans la Basse Égypte, les fèves se sèment aussi en novembre, après la crue, à raison de 3 hectolitres de graines environ par hectare ; on donne un labour à la terre avant de semer ; les semailles se font le plus souvent en sillons ; puis on égalise la terre et on la divise en carrés par de petites digues. Il suffit de deux à trois arrosages en tout pour une récolte de fèves.

La fève est cultivée pour la nourriture des hommes et des animaux.

Le produit d'un hectare de fèves est très variable ; il peut s'élever jusqu'à 20 hectolitres de graines dans les bonnes terres[1] ; sur des terres de qualité moyenne, il est de 16 hectolitres[2].

Au prix de 9,50 fr. l'hectolitre, et en comptant environ 80 kilogrammes de paille par hectolitre de graine, à 1 franc les 100 hilogrammes, le produit brut d'un hectare de fèves est de 165 francs.

Lentilles, pois chiches, lupins. — Les lentilles, les pois chiches et les lupins se cultivent pendant l'hiver, les lentilles en plus grande abondance que les deux autres plantes.

Les époques et les procédés de culture diffèrent peu de ceux qui ont été indiqués pour les fèves.

Les lentilles restent en terre environ quatre mois, les lupins cinq mois et les pois chiches sept mois.

On emploie de 100 à 200 litres de semence par hectare suivant la nature des terres.

Le produit de l'hectare est analogue à celui qui a été indiqué par les fèves.

Coton. — Le coton est la plus importante des cultures d'été ; elle se fait dans la Basse Égypte, au Fayoum, et, dans la Moyenne Égypte, sur les terres irriguées par le canal Ibrahimieh ainsi que sur quelques points des rives du Nil et du Bahr Yousef. C'est une culture coûteuse, car le moment où elle réclame le plus d'arrosage est précisément celui où l'eau est la plus basse dans les canaux et où la sécheresse est la plus grande.

Le coton se sème vers le mois d'avril et se récolte vers le mois de novembre ; les espèces cultivées en Égypte sont en géneral à fil court et fin.

[1] 4 ardebs et demi par feddan.

[2] Environ 3 ardebs et demi par feddan.

La terre est préparée par trois ou quatre labours, puis les mottes sont écrasées ; on trace ensuite des sillons dans lesquels on dépose la graine à raison de 75 litres par hectare, puis on divise le terrain en carrés par de petites digues et on trace des rigoles pour l'arrosage.

Le coton réclame huit ou dix arrosages, soit un tous les quinze jours ; on a de très bonnes récoltes avec un arrosage tous les vingt jours.

Quelques jours après que les jeunes plantes ont levé, on les éclaircit par un binage, puis, quatre fois au moins, on procède à un sarclage soigné des mauvaises herbes.

La cueillette se fait au fur et à mesure qne les graines mûrissent ; le coton brut ainsi obtenu est mis dans des sacs et porté dans les usines à égrener. Là, les filaments sont séparés des graines ; il suffit pour cela de présenter le coton devant deux cylindres parallèles tournant en sens inverse l'un de l'autre et assez rapprochés pour entraîner les fibres sans laisser passer la graine.

Le coton ainsi nettoyé est alors mis en balles et dirigé vers des usines de pressage, où il est comprimé avant d'être exporté.

Quant à la graine de coton, on la réserve pour les semailles de l'année suivante, ou bien on la vend pour faire de l'huile.

Enfin le bois du cotonnier est utilisé pour le chauffage des machines à vapeur.

Dans les meilleures terres, on peut récolter 650 à 750 kilogrammes[1] de coton par hectare et dans les terres de bonne qualité moyenne 500 kilogrammes[2].

Cette plante a deux ennemis qui causent de grands ravages en Égypte, ce sont d'abord les brouillards qui s'élèvent souvent le matin pendant les mois de septembre et d'octobre et qui pourrissent les coques, et ensuite une chenille spéciale qui détruit des récoltes entières et contre laquelle on se défend par l'échenillage.

Le prix de vente moyen, dans les dernières années, a été de 166 francs[3] les 100 kilogrammes non égrenés ; en outre, on recueille 300 kilogrammes de bois de cotonnier pour 100 kilogrammes de coton ; ce bois vaut 60 centimes les 100 kilogrammes.

Ainsi le produit brut d'un hectare semé en coton est de :

500 kilogrammes de coton à 166 francs les 100 kilogrammes .	830 francs[4].
1500 kilogrammes de bois à 0,60 fr. les 100 kilogrammes. . .	9 —
Total	839 francs.

[1] 6 à 7 cantars par feddan.

[2] Un peu plus de 4 cantars et demi par feddan.

[3] L. E. 2,900 par cantar.

[4] L. E. 14 par feddan.

Cultures diverses. — Les plantes dont il vient d'être parlé sont celles dont la culture est la plus répandue en Égypte ; mais il en existe encore beaucoup d'autres dont la production n'a pris que peu d'importance jusqu'à présent. Ce sont principalement :

Comme textiles, le lin qui se sème en décembre et se récolte en avril et le chanvre qui est une culture d'été ;

Comme plantes oléagineuses, le colza, la laitue, la sésame ;

Comme plantes tinctoriales, l'indigo et le carthame, dont la fleur est employée pour la teinture et la graine pour fabriquer de l'huile ;

Enfin la culture des oignons qui a pris une grande extension dans ces derniers temps ; on en exporte environ 60 000 tonnes par an en Angleterre ; c'est une culture d'hiver qui se fait dans la Haute et la Moyenne Égypte.

AMÉNAGEMENT DES TERRES

Les assolements en usage dans les bassins d'inondation sont des plus simples. Les terres n'y portent qu'une culture par an ; on fait alterner le plus souvent une récolte de blé avec une récolte de fèves et de lentilles ou avec du trèfle ; parfois, on fait deux récoltes de blé de suite et on ne sème que la troisième année l'orge et les plantes fourragères, telles que lentilles, fèves, gesse, trèfle, etc. ; enfin en d'autres points, on alterne le blé, l'orge et les plantes fourragères. Dans l'intérieur des bassins, sur les terres basses faciles à arroser au moyen des eaux du sous-sol, on intercale des cultures de sorgho et de maïs au printemps, mais ordinairement on ne fait pas deux années de suite cette culture sur la même terre ; ces récoltes disparaissent avant la crue, et les cultures d'hiver leur succèdent. On fait aussi du dourah d'été[1] alternativement avec des cultures d'hiver sur les terres hautes, bordant le Nil, qui ne reçoivent pas ordinairement de bonnes submersions par suite de leur niveau élevé, et qu'on peut arroser au moyen de chadoufs ou de sakiehs puisant dans le fleuve.

Dans les régions d'irrigation, l'assolement à peu près régulièrement adopté est un assolement triennal comprenant, la première année, une culture d'été ; la seconde année, une culture d'hiver ; la troisième année, une culture d'hiver à laquelle succède une culture d'automne. Ainsi, pour les bonnes terres de la Basse Égypte, on applique souvent la rotation de cultures suivante :

Première année : coton ;

Deuxième année : moitié fèves, un quart trèfle, et le dernier quart en cultures diverses d'hiver ;

[1] Maïs ou sorgho.

Troisième année : blé pendant l'hiver, puis, au moment de la crue, dourah avec une coupe de trèfle après le dourah.

Toutefois, un certain nombre de propriétaires en arrivent à se rapprocher d'un assolement biennal, en consacrant 40 et même 50 p. 100 de leurs terres au coton, le reste étant cultivé en nili et chétoui (cultures d'automme et d'été); mais cet assolement nécessite l'emploi de beaucoup d'engrais.

Dans les terres de la Haute Égypte ou de la Moyenne Égypte où l'on fait de la canne à sucre, l'assolement le plus ordinairement suivi repose sur une rotation quinquennale ainsi organisée :

Première année : préparation de la terre ;

Deuxième année : canne à sucre ;

Troisième année : deuxième pousse de cannes ;

Quatrième et cinquième années : cultures d'hiver, soit blé, fèves et trèfle, pour la plus forte proportion.

Dans la Moyenne Égypte, qui est également propre à recevoir la canne et le coton, on mélange, suivant les cas, les assolements relatifs à ces deux récoltes, en laissant au moins une année de repos ou de culture chetoui entre la canne et le coton. D'ailleurs, on fait aussi des assolements de trois ans pour la canne, en supprimant la canne de deuxième année.

Dans ces mêmes endroits, sur les terres irriguées où l'on ne cultive pas la canne à sucre ou le coton, la rotation est biennale ; le blé et les fèves alternent pour la plus forte proportion ; dans certains points de la Haute Égypte, les lentilles et les pois chiches remplacent en partie les fèves. Dans tous les cas, on réserve chaque année la surface nécessaire pour la culture du trèfle destiné à la nourriture du bétail.

Dans les parties septentrionales du Delta, où l'on cultive du riz, les assolements varient suivant la qualité des terres.

Sur les terrains mauvais et imprégnés de sels, on cultive le riz tous les ans, cette culture étant considérée comme améliorante et l'abondance de l'eau qui lui est nécessaire produisant en même temps un lavage efficace du sol.

Quand les terres sont médiocres, on cultive, une année, du riz et, l'année suivante, une plante d'hiver, blé, orge ou trèfle.

Enfin, quand les terres sont de meilleure qualité, on fait, la première année, du riz et, les deux années suivantes, une culture d'été, c'est-à-dire du coton, et une culture d'hiver avec culture intercalaire de dourah en automne, soit un assolement en trois années analogue à celui qui a été indiqué comme généralement employé dans la Basse Égypte. La quatrième année, on revient à la culture du riz ; la culture d'été se fait soit la deuxième, soit la troisième année.

ENGRAIS

L'eau et le limon du Nil sont à peu près les seules matières fertilisantes que reçoive la terre d'Égypte; le cultivateur indigène y ajoute, en effet, fort peu d'engrais, et il est permis de croire que, s'il en employait de plus grandes quantités, il améliorerait notablement le rendement du sol et la qualité des produits.

Ainsi, dans les parties des bassins où l'on fait seulement la culture d'hiver après l'inondation, on peut dire que l'usage de l'engrais est inconnu; la seule fumure qui soit donnée à la terre consiste dans les déjections des animaux qui mangent le trèfle sur pied. On ne met guère d'engrais que sur les terres où l'on fait de la culture de dourah, et parfois, sur celles où l'on fait de la culture d'été ; mais la quantité en est généralement trop faible.

Les engrais qui sont le plus employés en Égypte sont le fumier de ferme, la colombine et la poussière provenant des ruines des anciennes villes.

Le fumier de ferme est peu abondant, à cause du manque de pâturages pendant la plus grande partie de l'année, et à cause de la nécessité qui s'impose, par conséquent, au cultivateur de restreindre autant que possible le nombre des têtes de bétail qu'il élève.

La colombine provient des nombreux pigeonniers qui existent dans tout le pays ; les principes actifs qu'elle contient sont l'azote et l'acide phosphorique. D'après de nombreuses analyses faites, à Paris, par Gastinel Bey, sous la direction de Payen, 100 grammes de colombine d'Égypte renferment :

Azote	3,93	grammes.
Acide phosphorique (correspondant à 3,64 de phosphate de chaux).	1,27	—

Les nombreux monticules, qui frappent l'œil du voyageur parcourant l'Égypte et qui marquent la place des villes antiques ou des anciens villages, fournissent deux sortes d'engrais : en premier lieu, des matières salpêtrées qui renferment jusqu'à 6,50 gr. d'azotate de potasse, et en second lieu, une sorte d'engrais terreux qui peut contenir, sur 100 grammes de matière, d'après les analyses de Gastinel Bey, jusqu'à :

Azote.	0.88	gramme.
Acide phosphorique (correspondant à 2,76 de phosphate de chaux).	1,27	—
Potasse et soude	2,25	—

Ces produits, provenant de détritus divers accumulés par le temps dans les ruines et soumis aux influences atmosphériques, sont portés sur les champs dans un état pulvérulent qui facilite l'assimilation des principes

actifs. Dans les monticules d'où on les extrait, ils sont mélangés avec des débris de pierres ou de briques; les paysans, avant de les transporter, ont soin de les tamiser; ils abandonnent ainsi sur place les gros matériaux et n'enlèvent qu'une poussière fine qu'ils chargent dans de grandes couffes sur le dos des baudets ou des chameaux et qu'ils répandent ensuite sur leurs terres.

En dehors des engrais qui viennent d'être indiqués, les agriculteurs emploient encore les cendres de certains végétaux; ils se servent aussi, comme amendement, du limon qui est extrait du lit des canaux pendant le curage.

Depuis quelques années, par l'initiative des propriétaires européens et des riches propriétaires indigènes les plus éclairés, les engrais chimiques ont été introduits en Égypte sur une assez grande échelle et l'usage s'en répand; mais on doit les employer avec prudence, l'eau d'arrosage entraînant dans le sous-sol beaucoup de sels dissous.

MODE D'EXPLOITATION DES TERRES

Le mode d'exploitation des terres varie naturellement suivant l'importance des propriétés.

En dehors de la petite, de la moyenne et de la grosse propriété, qui se retrouvent dans tous les pays, il existe en Égypte de grandes exploitations foncières. Ces dernières, tout récemment encore, étaient surtout, et sont encore, en partie, entre les mains de deux administrations de l'État, les Domaines et la Daïra Sanieh, qui possédaient ensemble 400 000 hectares, soit un sixième de la superficie cultivable de la contrée. Ces deux administrations, dont les revenus sont affectés au paiement de certaines dettes publiques, sont actuellement en liquidation; mais, dans ces derniers temps, des sociétés foncières agricoles se sont formées et ont acquis de grands domaines de plusieurs milliers d'hectares provenant soit de cette liquidation, soit de ventes effectuées par de gros propriétaires. Toutefois la plus forte partie des terres des Domaines et de la Daïra a été acquise par des particuliers.

Comme dans tous les pays agricoles, le petit propriétaire cultive lui-même ses champs; pour des domaines un peu étendus, il se crée une association entre le propriétaire et le paysan, ce dernier se réservant une part des produits; enfin, le gros propriétaire traite avec l'ouvrier en lui payant son salaire en argent et quelquefois en nature, ou bien il se borne purement et simplement à lui louer ses terres; les sociétés ou administrations foncières louent autant que possible leurs terres.

Le gros propriétaire qui exploite lui-même a généralement son domaine

géré par un intendant ayant sous ses ordres plusieurs agents pour conduire les travaux des champs. Avec cet arrangement, les fellahs ou paysans qui travaillent la terre reçoivent un salaire en argent et un salaire en nature ; le prix de la journée est en général de 1 franc pour les hommes et 50 centimes pour les enfants; la rémunération en nature consiste dans le quart de la récolte d'automne, c'est-à-dire de maïs ou de sorgho, le fellah faisant cette culture sans rétribution en argent. En outre, un demi-hectare de terre est cédé à chaque père de famille qui y cultive du trèfle et y nourrit ses bestiaux; mais on lui retient, sur son salaire en argent, une somme égale à la valeur de l'impôt de ce demi-hectare; le propriétaire irrigue ce terrain avec ses machines élévatoires et compense cette dépense en utilisant le fumier des bestiaux pour fumer en partie sa récolte de maïs.

Le propriétaire dont le domaine est moins considérable et qui ne dispose pas de ressources suffisantes pour l'exploiter lui-même, s'associe au fellah. Dans ce cas, le propriétaire prend à sa charge l'impôt, les frais d'irrigation, les semences, le bétail et le matériel agricole; le fellah ne fournit que la main-d'œuvre jusqu'à complète maturité des produits. Pour son travail, le fellah reçoit le cinquième de la récolte d'été, coton et légumes, le quart de la récolte de maïs ; il n'a droit à rien sur les récoltes d'hiver; un demi-hectare de terre est aussi alloué à chaque père de famille pour cultiver du trèfle. La cueillette du coton, la moisson, le battage et le vannage des récoltes d'hiver, la mise en magasin de ces produits, sont à la charge du propriétaire. La coupe des tiges du cotonnier ne se paye pas.

Quelquefois, le fellah n'a droit qu'au sixième des récoltes d'été et d'hiver, non compris le trèfle, et au quart de la récolte de maïs; quand il fournit pour cette dernière culture l'engrais et la semence et qu'il laboure avec ses bestiaux, il a droit à la moitié de la récolte. Enfin, lorsqu'il couvre tous les frais de culture et paye la moitié de l'impôt, il a droit à la moitié de toutes les récoltes.

Mais la combinaison qui est la plus répandue est celle dans laquelle le fellah prend le cinquième des récoltes d'été et le quart de la récolte d'automne.

Toutefois la classe d'agriculteurs la plus nombreuse est celle des petits propriétaires qui cultivent leurs champs avec leurs femmes et leurs enfants.

Dans les contrats de location qui sont faits par l'administration des Domaines de l'État dans le Delta, la durée du bail est fixée en général à trois ans, avec l'obligation de ne faire sur la même terre qu'une seule culture d'été pendant cette période. Mais, dans les terres que cette administration cultive elle-même, elle passe ordinairement des baux spéciaux pour la seule culture d'automne ; dans ce dernier cas, la fumure est à la charge du locataire.

En Haute Égypte, sur les propriétés de la Daïra Sanieh, pour les céréales seules, la durée des baux est d'un an; pour les cannes seules, elle est de trois ans; pour les cannes et les céréales ensemble, elle est de six ans. Les locataires vendent aux sucreries leurs cannes à sucre suivant un tarif déterminé. La Daïra se charge le plus souvent des labours en ce qui concerne les plantations de cannes à sucre, rarement pour les céréales. Dans les contrats pour la culture des céréales, elle exclut toute récolte d'été et d'automne; dans les contrats de location qui comprennent la plantation des cannes, elle interdit toutes les autres cultures d'été.

EXEMPLE D'UNE GRANDE PROPRIÉTÉ RURALE (pl. XVII)

On ne peut citer de meilleur exemple d'une grande exploitation rurale que la propriété que M. Beyerlé, administrateur délégué du Crédit Foncier Egyptien, possède à Bordein, à quelques kilomètres de la ville de Zagazig, dans la province de Charkieh. M. Beyerlé s'est appliqué à doter ses terres d'une bonne distribution d'eau, à les assainir au moyen d'un réseau étendu de rigoles d'évacuation, à ne pratiquer que des assolements rationels, à maintenir la fertilité du sol par l'emploi d'engrais judicieusement choisis et à augmenter les rendements par des méthodes perfectionnées de culture et par l'emploi des machines agricoles; en procédant ainsi, il a amené son domaine à un degré de prospérité que ne connaissent guère les terres d'Égypte. Il arrive, dans les bonnes années, à produire par hectare 1 000 kilogrammes de coton[1] et 30 hectolitres de blé[2].

Cette propriété contient 500 hectares et longe le grand canal Abou el Akdar sur 3200 mètres. De ce canal partent perpendiculairement deux petits canaux publics situés l'un à l'extrémité nord, l'autre dans la partie sud du domaine. Comme le niveau de l'eau du canal est, la plus grande partie de l'année, moins élevé que le sol, il faut presque toujours pomper l'eau d'arrosage, sauf pendant les mois d'août, septembre et octobre; mais la hauteur d'élévation est faible et ne dépasse pas 3 mètres aux plus mauvais moments. Deux machines à vapeur, l'une de 12 chevaux et l'autre de 10 chevaux, avec pompes centrifuges de 0,30 m. et de 0,25 m. de diamètre assurent ce service.

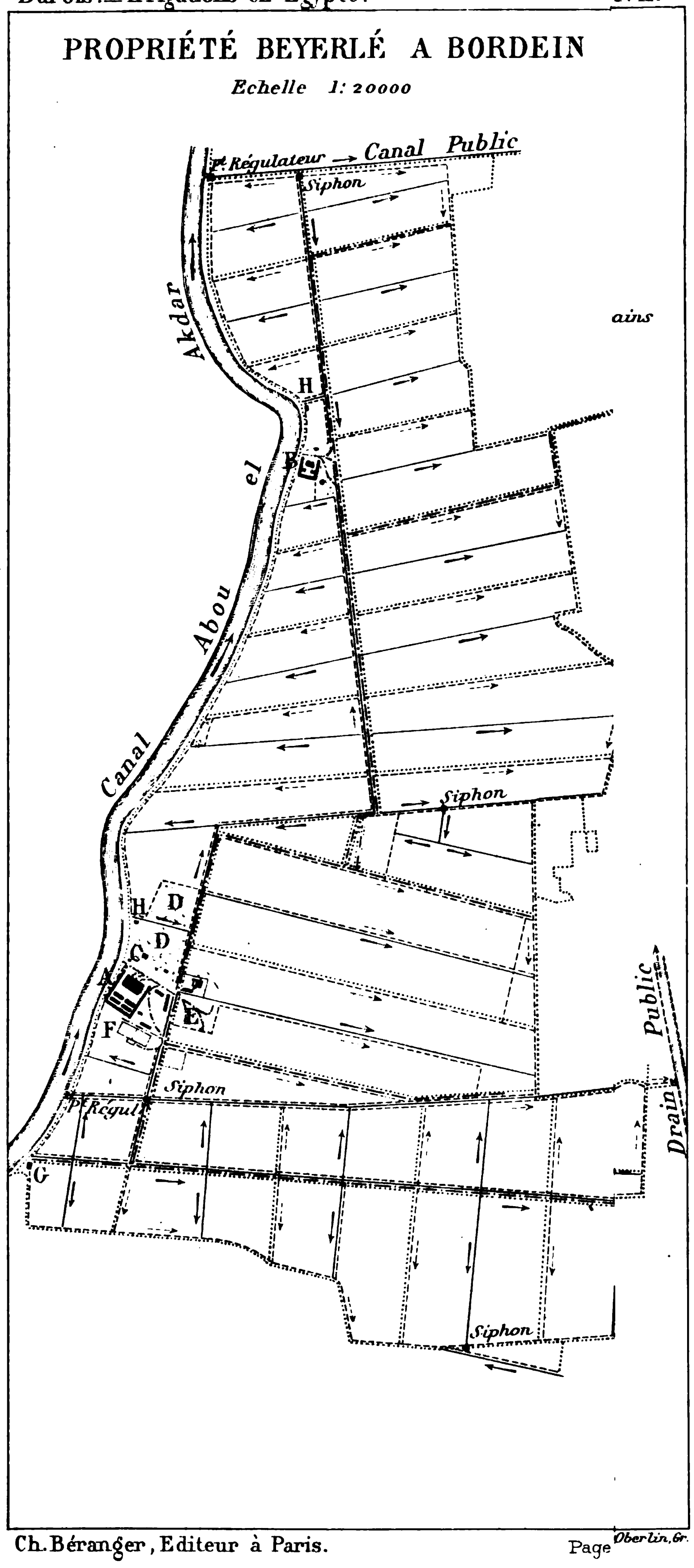
L'eau ainsi amenée au niveau du sol est distribuée, au moyen de deux canaux principaux, dans des rigoles parallèles espacées de 250 à 400 mètres.

L'évacuation des eaux s'effectue par un canal de ceinture se déversant dans un drain public qui passe à l'extrémité sud-est de la propriété. Les rigoles de drainage sont creusées, les unes parallèlement aux rigoles d'arrosage et dans le milieu de l'espace qui les sépare, les autres tout à côté des

[1] 10 cantars par feddan.
[2] 15 ardebs par feddan.

PROPRIÉTÉ BEYERLÉ A BORDEIN

Echelle 1:20000



Ch. Béranger, Editeur à Paris. Page Oberlin, Gr.

canaux principaux et de certaines rigoles d'arrosage dont les niveaux élevés pourraient donner lieu à des infiltrations de nature à détériorer les terres le long de leur cours.

Des chemins sont établis sur le bord de chaque canal ou rigole d'arrosage, et, sur certains d'entre eux, circule un petit chemin de fer Decauville de 16 kilomètres de longueur comportant un matériel de 39 wagonnets, dont 26 petits, cubant trois quarts de mètre cube, et 13 grands, à boggie, pour le transport des récoltes.

Un directeur de culture réside en permanence sur la propriété avec les employés, comptables, mécaniciens, gardiens, etc. nécessaires, formant un personnel permanent de 40 personnes environ.

260 ouvriers agricoles en moyenne travaillent sur la propriété.

Les bêtes de somme comprennent :

25 paires de bœufs pour le dernier labour du sol;

28 mulets pour la traction des wagons Decauville;

20 ânes et 14 chevaux pour les divers besoins du service.

Quant au matériel agricole, il se compose d'une charrue à vapeur pour le premier labour, de semoirs, d'une batteuse à vapeur, etc.

Les étables et écuries sont parfaitement aménagées, avec fosses à purin; l'eau, pour l'usage du personnel, des animaux et des jardins qui entourent la maison d'habitation, est obtenue au moyen d'un puits de 8 mètres de profondeur d'où l'élève une pompe à vapeur de quatre chevaux jusqu'à des réservoirs placés à douze mètres au-dessus du sol.

L'engrais employé est le fumier de ferme mélangé à des matières de vidange provenant principalement de la ville de Zagarig, des centres d'habitation du personnel et des latrines des mosquées des villages voisins spécialement aménagées à cet effet. Le mélange se fait avec une certaine proportion de terre dans une grande fosse de 100 mètres de longueur sur 25 mètres de largeur.

L'assolement pratiqué est l'assolement triennal ordinaire qui a été indiqué plus haut. On cultive donc le coton chaque année sur un tiers de la propriété.

L'engrais est donné à la terre avant la culture du maïs; quand cette récolte approche de la maturité, on sème du trèfle (*bersim*) entre les pieds de maïs; on en fait deux coupes après que le maïs a été enlevé, et on enterre la troisième coupe qui forme ainsi un nouvel engrais pour la culture du coton qui doit suivre.

Le blé, l'orge, le maïs sont semés au semoir, en lignes, sur billons, contrairement à la pratique égyptienne, ce qui augmente beaucoup le rendement.

Cette propriété, dont l'aspect est rendu plus attrayant par de nombreuses

plantations d'arbres est un modèle que tout agriculteur égyptien devrait se proposer d'imiter. D'ailleurs, grâce à de pareils exemples, les grands propriétaires sont entrés peu à peu dans la voie du progrès, et la culture en général s'est beaucoup perfectionnée depuis une vingtaine d'années.

RENDEMENT DES TERRES

D'après Girard, de l'expédition française, l'aménagement de 100 hectares de bonnes terres, bien situées dans le Delta, se faisait autrefois de la façon suivante :

Trèfle	25 hectares.
Blé	30 —
Orge	10 —
Froment et orge mélangés	35 —
Total	100 hectares.

Sur ces 100 hectares, un quart recevait des cultures d'été ou d'automne, soit :

En maïs	13 hectares.
En sésame	6 —
En coton	6 —
Total	25 hectares.

Actuellement, ainsi qu'il a été dit plus haut, 100 hectares de bonnes terres du Delta peuvent être aménagées comme il suit :

Maïs, une coupe de trèfle et coton		33 hectares.
Blé		33 —
Fèves	17	34 —
Trèfle (dont une moitié louée aux paysans)	17	
Total		100 hectares.

La proportion des cultures d'été est donc maintenant considérablement augmentée par suite des grands travaux entrepris pendant le siècle dernier.

Pour de bonnes terres moyennes de la Basse Égypte, bien situées par rapport au niveau de l'eau des canaux d'arrosage, voici à peu près comment on peut établir le produit net actuel de la culture, avec l'assolement indiqué ci-dessus, et dans le cas d'un grand domaine exploité directement par le propriétaire :

Dépense pour une superficie de 100 hectares.

1° Semences	3 000 francs.
2° Appointements du personnel	2 500 —
3° Frais d'irrigation par machine	1 500 —
4° Nourriture des bestiaux pendant l'été, à raison de 2 têtes par hectare	1 900 —
A reporter	8 900 francs.

Report	8 900	francs.
5° Salaires des ouvriers pour labours, ensemencements, récolte, battage, etc.	8 000	—
6° Frais généraux, amortissement des constructions et du matériel et divers	2 500	—
Dépense totale (non compris les impôts). . .	19 400	francs.

Recettes pour une superficie de 100 hectares.

1° Récolte de dourah sur 33 hectares à 110 francs. . .	3 630	francs.
A déduire pour les frais de culture payés en nature et pour l'emmagasinage (1/4 environ), soit . . .	907	—
Reste à compter.	2 723	francs.
2° Trèfle cultivé après le dourah : 33 hectares à 110 francs.	3 630	francs.
3° Coton : 33 hectares à 839 francs.	27 687	—
4° Récolte de blé : 33 hectares 255 francs.	8 415	—
5° Fèves : 17 hectares à 165 francs.	3 805	—
6° Trèfle { 4 hectares 1/2 mangés par les animaux . . (Pour mémoire).	»	
6° Trèfle { 4 hectares pour la graine et la paille : 4 hectares à 30 francs.	120	—
Location au paysan de 8 hectares 50 ares, à 100 francs.	850	—
Recette totale.	47 230	francs.

Donc, pour les 100 hectares ainsi culiivés, les recettes sont de.	47 330	francs.
Les dépenses de	19 400	—
Différence.	27 830	francs.

ce qui représente un produit net d'environ 280[1] francs par hectare, non compris le payement des impôts et, 190 francs, impôts déduits.

Pour un domaine de la Moyenne Égypte où l'on fait de la canne à sucre avec l'assolement de cinq ans, on peut admettre à peu près les chiffres suivants, en supposant que, comme dans la région du canal Ibrahimieh, il n'y ait pas de frais d'élévation d'eau.

Dépenses pour une superficie de 100 hectares.

Cannes de première année sur 20 hectares ; frais de culture : 20 hectares à 380 francs	7 600	francs.
Cannes de seconde année sur 20 hectares ; frais de culture : 20 hectares à 180 francs.	3 600	—
Terres au repos : 20 hectares	»	
Cultures nili et chetoui sur 40 hectares en location. .	»	
Frais généraux sur 100 hectares.	3 100	—
Amortissement des constructions, du matériel et frais divers	1 100	—
Dépense totale (non compris les impôts). . . .	15 400	francs.

[1] Environ L. E. 4,5 par feddan.
[2] Environ L. E. 3 par feddan.

Recettes pour une superficie de 100 hectares.

Cannes de première année sur 20 hectares.
Pour 1 hectare . . . . . .
Feuilles . . . . 18 fr. 60
Cannes, 68 tonnes à 15 fr. 75 . 1 071 fr. »
1.089 fr. 60 × 20 hect. = 21 792 francs.

Cannes de seconde année sur 20 hectares.
Pour 1 hectare . . . . . .
Feuilles . . . . 12 fr. 40
Cannes, 38 tonnes à 15 fr. 75. 598 fr. 50
610 fr. 90 × 20 hect. = 12 218 francs.

Terres au repos, 20 hectares . . . . »
Produit des cultures nili et chetoui, évalué d'après le prix de location.
40 hectares à 310 francs [1] . . . . 12 400 —
Recette totale . . . . 46 410 francs.

Donc, pour un domaine ainsi cultivé :

Les recettes sont de . . . . 46 410 francs.
Et les dépenses de . . . . 15 400 —
Différence . . . . 31 010 francs.

Ce qui représente un produit net d'environ 310 francs [2] par hectare, non compris le paiement des impôts, et 220 francs [3], impôts déduits.

Si l'on est obligé d'irriguer au moyen de machines à vapeur prenant l'eau dans le Nil, il faut retrancher de ces sommes environ 85 francs par hectare de canne et 50 francs par hectare de culture nili et chetoui [4] pour frais d'élévation d'eau, ce qui, rapporté à la surface totale des 100 hectares, donne une moyenne de 54 francs de réduction de revenu par hectare [5].

Les meilleures terres d'irrigation dans la Basse et la Moyenne Égypte se louent jusqu'à 300 francs l'hectare, déduction faite de l'impôt, et les bonnes terres ordinaires 220 francs ; les bonnes terres des bassins d'inondation, 180 francs l'hectare.

On comprend par ces quelques chiffres que l'idéal de tout Égyptien, quel qu'il soit, soit de posséder un lopin de terre dans la vallée du Nil.

[1] L. E. 5 le feddan.
[2] Environ L. E. 5 par feddan.
[3] Environ L. E. 4,5 par feddan.
[4] L. E. 1,400 et 0,800 par feddan.
[5] L. E. 1 par feddan.

TABLE DES PLANCHES

TABLE DES MATIÈRES

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY







THE BORROWER WILL BE CHARGED AN OVERDUE FEE IF THIS BOOK IS NOT RETURNED TO THE LIBRARY ON OR BEFORE THE LAST DATE STAMPED BELOW. NON-RECEIPT OF OVERDUE NOTICES DOES NOT EXEMPT THE BORROWER FROM OVERDUE FEES.
CANCELLED


Les irrigations en Egypte,
Cabot Science 003977517
3 2044 091 876 235